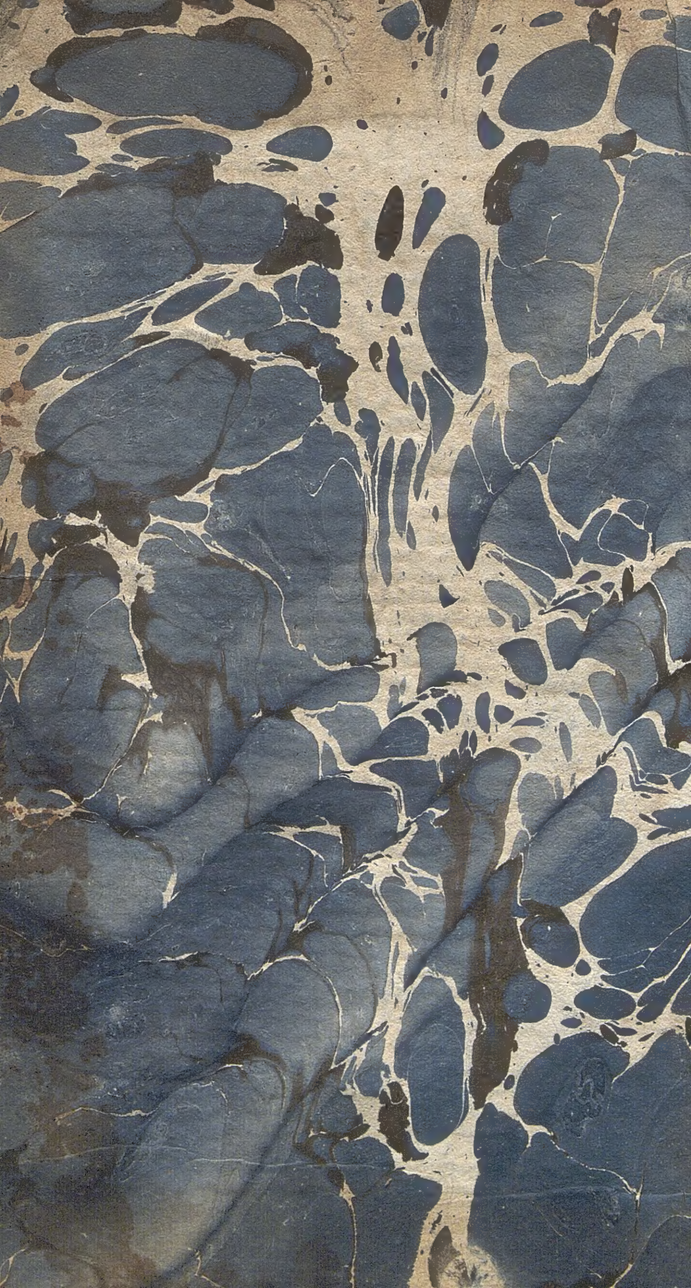
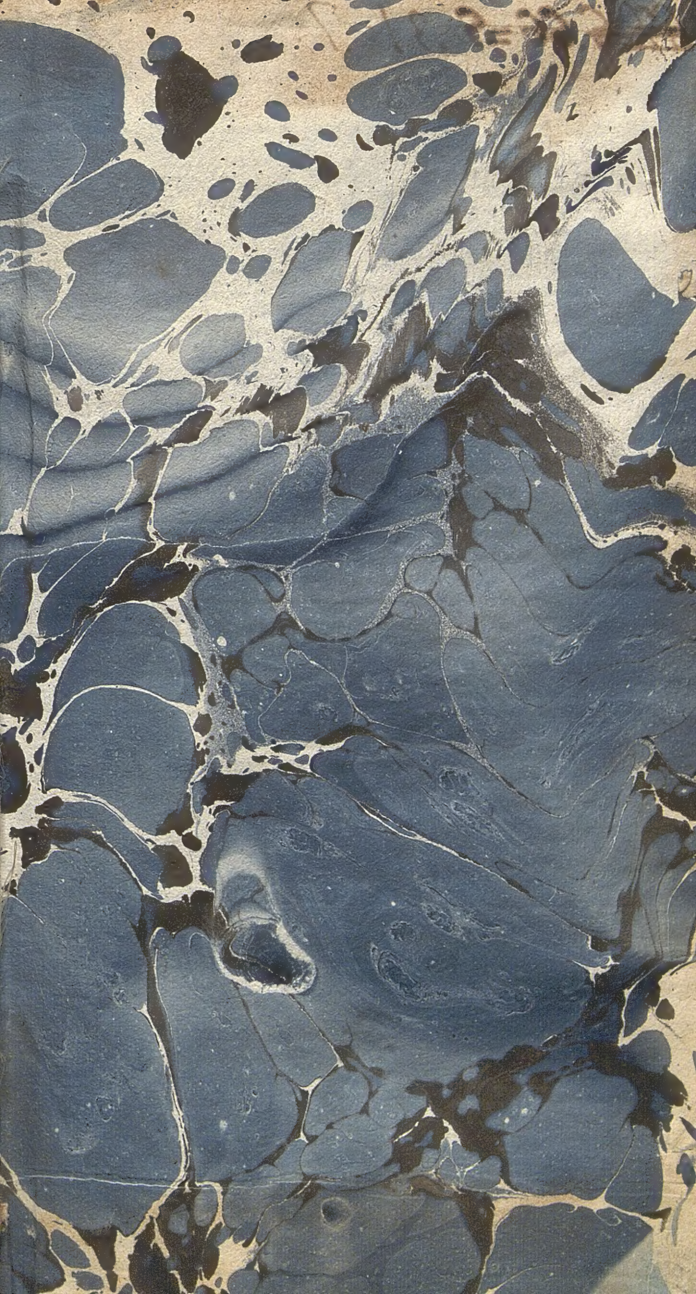

BIBLIOTECA · DEL · DUQUE · DE · OSUNA





COURS
DE
PHYSIQUE
EXPÉRIMENTALE
ET THÉORIQUE.



Tome II.

COURS DE PHYSIQUE EXPÉRIMENTALE ET THÉORIQUE;

FORMANT la derniere Partie d'un Cours Complet de Philoſophie, précédé d'un Précis de Mathématiques qui lui ſert comme d'Introduction.

PAR M. l'Abbé *SAURI*, Correſpondant de l'Académie Royale des Sciences de Montpellier.

TOME SECOND.



A PARIS,
Chez FROULLÉ, Libraire, Pont Notre-Dame, vis-à vis le Quai de Gêvres.

M. DCC. LXXVII.

Avec Approbation, & Privilege du Roi



COURS DE PHYSIQUE EXPÉRIMENTALE ET THÉORIQUE.

SECTION QUATRIEME.

DES SAVEURS, DES ODEURS ET DU SON.

1. NOUS n'examinerons pas ici comment les ſenſations ſont produites dans notre ame, ayant traité cette queſtion aſſez au long dans notre Métaphyſique. Nous nous contenterons de faire remarquer que toutes

les fois qu'il se fait une certaine impression dans nos organes, & que cette impression est propagée jusqu'à cette partie du cerveau, que l'on appelle *sensorium*, l'ame est alors affectée d'une certaine maniere : ainsi lorsque le son d'un concert fait impression sur l'organe de l'ouie, & que cette impression se transmet jusqu'au *sensorium*, par le moyen de ce fluide subtil qui coule dans les nerfs, & qu'on appelle *esprits animaux* ou *fluide nerveux*, notre ame éprouve la sensation ou la perception du son : c'est une suite des loix de l'union de l'ame avec le corps.

CHAPITRE PREMIER.

Des Saveurs et des Odeurs.

2. Les *Saveurs* considérées dans le *corps sapide*, paroissent consister principalement dans les sels, qui, selon la différence de leur masse, de leur figure, de leur quantité, affectent différemment les nerfs de la langue, que l'on peut regarder comme le

ſeul organe du goût. Les corps qui ont le plus de ſaveur, appliqués dans toute autre partie de la bouche, n'exitent pas dans notre ame, la moindre ſenſation du goût, à moins qu'ils n'aient quelque acrimonie pénétrante; & la ſenſation que nous rapportons quelquefois à l'eſtomac, au goſier, à l'œſophage, paroît dépendre de la langue, à laquelle les vapeurs qui l'excitent, ſe tranſmettent. Les papilles de cet organe ſont tellement affectées par les ſels diſſous dans l'eau ou la ſalive, qu'on diſtingue pluſieurs eſpeces de ſaveurs; telles ſont l'*acide*, le *doux*, l'*acerbe*, l'*amer*, le *ſalé*, l'*urineux*, le *ſpiritueux*, l'*aromatique*, l'*acre* de différens genres, le *pourri*, le *fade*, & d'autres, en parties purement ſalines, & en partie altérées & compoſées par le mêlange d'une huile ſubtile, animale ou végétale. Ces différentes ſaveurs dépendroient-elles uniquement de la différente figure des molécules ſalines? Cela ne paroît pas vraiſemblable; car les cryſtaux inſipides ont leurs figures, & ces figu-

res ſont trop ſemblables dans les ſels qui excitent différentes ſaveurs, & dont les effets ſont oppoſés ; ces figures ne ſont pas même conſtantes dans le même ſel, comme dans le nitre, dont l'art peut rendre les cryſtaux cubiques. Les parties ſulfureuſes, & même les molécules métalliques, du fer, du cuivre, &c. diſſoutes dans l'eau, peuvent affecter l'organe du goût de différentes manieres.

3. Si les papilles nerveuſes de la langue ſont trop calleuſes, abreuvées de certaines humeurs tenaces, ou ſi la ſalive manque, les corps paroîtront inſipides ; c'eſt pour cette raiſon que ceux qui viennent de manger un mets gras, ne ſauroient juger de la délicateſſe d'un vin. La nature de l'enveloppe des papilles linguales, de la ſalive, & des autres liqueurs de notre corps, influe beaucoup ſur la perception des ſaveurs, auſſi-bien que l'âge, le temperament, l'état de ſanté ou de maladie, & le plus ou moins d'habitude : en général nous regardons

comme insipide tout ce qui a moins de sel que notre salive.

4. Les esprits, sur-tout les végétaux, sont pompés par les papilles mêmes, ou par les petits conduits absorbans de la langue, (qui paroissent agir de la même maniere que les tubes capillaires), comme il est évident par la réparation prompte des forces, en buvant des liqueurs spiritueuses, même avant qu'elles soient parvenues jusqu'à l'estomac. Cette saveur acerbe & piquante que produisent les acides, ne dépend-elle pas de la violence avec laquelle les papilles de la langue attirent ces sels? Lorsque les métaux ont été dissous dans des menstrues acides, & que les sels se sont joints aux parties métalliques, ils forment ensemble des molécules, qui n'étant pas attirées de la même maniere, exitent une saveur différente; ensorte que si l'acide joint au métal en trop petite quantité, forme un composé non dissoluble dans l'eau, il pourra perdre toute sa saveur, & ce mixte sera insipide.

5. Le Créateur a établi une diffé-

rence entre les ſaveurs, afin que les animaux puſſent éviter les alimens nuiſibles; car en général aucun aliment pernicieux n'eſt d'un goût gracieux, & celui qui eſt propre à notre nourriture, n'eſt pas d'un goût déſagréable; il ne s'agit pas ici de la gloutonnerie, qui peut rendre nuiſible l'aliment le plus ſalutaire, ni des foſſiles, que la nature n'a point offert aux hommes, mais que l'art a cherché; ni des mets compoſés, dans leſquels ont peut mêler du poiſon. Les animaux, qui ne peuvent rien apprendre par l'exemple ou l'éducation, diſtinguent plus exactement les ſaveurs; & cette diſtinction leur eſt ſuffiſante pour leur faire éviter les alimens nuiſibles, & pour leur faire rechercher ceux qui ſont ſalutaires. C'eſt pour cela que les animaux qui doivent vivre de végétaux, qui ſont mêlangés d'eſpeces nuiſibles, ont reçu des papilles plus longues, & une langue plus élégamment conſtruite que les hommes, qui n'en n'avoient pas beſoin. Ce que les animaux digerent eſt bon pour les nourrir, tandis que les ſubſtances qu'ils

ne digerent pas, leur ſont nuiſibles. Delà certains alimens ſont ſains pour quelques animaux, & des poiſons pour d'autres.

6. *L'odorat* nous ſert auſſi à diſtinguer les alimens nuiſibles, à nous prévenir ſur le danger qu'il y a ſouvent de les goûter, à éviter la pourriture qui eſt très-dangereuſe dans les alimens, & à nous faire découvrir ceux qui ſont utiles & agréables. Les hommes abandonnés à eux-mêmes, ont paru avoir la délicateſſe de l'organe néceſſaire pour diſtinguer de loin les qualités des alimens; & il n'eſt guere de moyen plus ſûr pour juger de la vertu médicinale des plantes, que le témoignage combiné du goût & de l'odorat; c'eſt pour cela, ſans doute, que le Créateur a placé dans les animaux l'organe de l'odorat aux environs de celui du goût; c'eſt encore pour cela que les animaux qui ſont obligés de chercher au loin leur proie, & qui doivent diſtinguer parmi pluſieurs plantes qui ſe reſſemblent, celles qui leur ſont nuiſibles ou ſalutaires, ont l'odorat très-fin & très-ſubtil. Cet organe a ſon

ſiege dans une membrane pulpeuſe, molle, vaſculaire, papillaire, poreuſe, à laquelle ſe diſtribue un aſſez grand nombre de nerfs qui tapiſſent toute la cavité interne des narines, arroſée d'un *mucus* inſipide, fade, viſqueux, fluide lorſqu'il eſt récent, deſtiné à préſerver de la ſéchereſſe les nerfs qui s'y diſtribuent en aſſez grand nombre. Ce mucus, qui humecte de tous côtés la membrane olfactive, eſt produit par les arteres des narines, qui le dépoſent en partie dans des conduits cylindriques qui y ſont en grand nombre, & en partie dans des véſicules arrondies qui ſont viſibles.

L'air rempli de particules très-fines, inviſibles, volatiles, ſalines, huileuſes, qui s'échappent des corps odorans, attiré dans les narines pendant l'inſpiration, dépoſe ces molécules ſur des nerfs nuds & mols, qui tranſmettent juſqu'au ſenſorium des impreſſions qui font diſtinguer à l'ame différens genres de ſels & d'huiles. Plus les corps abondent en parties ſalines, ſulfureuſes, que la chaleur volatiliſe, plus ils ſont odo-

rans : l'eau, qui ne contient rien de ſemblable, ne ſauroit exciter aucune ſenſation d'odeur. Les parties odorantes ſont très-ſenſibles, puiſqu'un grain de muſc peut remplir une chambre de ſon odeur pendant pluſieurs années ſans perdre ſenſiblement de ſon poids. L'huile mêlée avec le ſel fait l'odeur comme la ſaveur ; mais le goût nous fait plutôt diſtinguer les parties fixes, & l'odorat les parties volatiles, qui s'appliquent ſur des nerfs mols & nuds, qui paroiſſent les attirer avec plus ou moins de violence.

Et comme ces nerfs ſont fort irritables, il n'eſt pas ſurprenant que les odeurs les affectent facilement. C'eſt en conſéquence que certaines odeurs peuvent faire revenir ſi efficacement ceux qui ſe trouvent mal, ou qui ont été ſubmergés. C'eſt delà encore que les parties volatiles acres exitent un éternuement violent, que l'odeur des médicamens purgatifs lâche le ventre. Les éternuemens trop fréquens deviennent nuiſibles, & l'on eſt expoſé à perdre la vue, à cauſe de la communication qu'il y a entre

les nerfs des yeux & ceux de l'odorat.

CHAPITRE II.

DU SON.

7. ON peu considérer le *son* dans le corps sonore, dans le milieu, qui en est le véhicule : c'est l'air ; ou enfin dans l'organe de l'ouie. C'est pourquoi, pour entendre un son, il est nécessaire qu'il existe dans un corps qui résonne, un mouvement de tremblement ou de frémissement transmis aux particules de l'air, & par son moyen jusqu'à l'oreille de l'auditeur. En effet, les corps ne résonnent pas, à moins qu'ils ne soient frappés, & ceux qui résonnent le plus sont les corps durs & élastiques, dont les parties d'abord fléchies par une percussion, reprennent leur premier état par leur force élastique, & font des oscillations plus ou moins grandes. C'est ce qui arrive à une corde de violon bien tendue, qu'on

fléchit par le moyen d'un coup d'ongle; car alors elle fait des vibrations sonores, qui cessent tout à coup si on touche la corde avec le doigt, ou avec un autre corps solide. Il est visible que cette corde ne peut se courber en arc, à moins qu'elle ne s'allonge, & que ses parties ne s'éloignent un peu les unes des autres; elle ne peut se raccourcir en reprenant sa premiere situation, à moins que ses molécules ne se rapprochent: d'où il suit que toute la corde & ses plus petites molécules doivent être agitées par des vibrations alternatives. Quand on approche la main d'une cloche immobile, qui sonne, on sent un certain frémissement dans les parties de cette cloche. Bien plus, si l'on place une cloche de verre entre deux planches paralelles, dont l'une porte une vis, dont la pointe soit très-peu éloignée de la cloche, quand on frappera la cloche, on entendra un certain frémissement du verre, qui frappera la pointe de la vis dans ses vibrations alternatives; car les zones circulaires de cette cloche prennent alternative-

ment une figure ovale, dont le petit diametre se trouve d'abord dans la direction de la percussion, & le grand dans une situation perpendiculaire au premier. Si une corde d'instrument n'est pas assez tendue, ou si étant assez tendue elle est agitée par l'action d'un archet enduit de suif, elle fait des vibrations sans produire aucun son; parce qu'alors ses petites parties ne font pas des vibrations suffisantes pour communiquer à l'air le mouvement que le son demande. C'est pour la même raison que les branches d'une pincette rapprochées d'abord par l'action des doigts, & livrées ensuite à elles-mêmes, font des vibrations sans rendre aucun son; mais si en oscillant ainsi elles rencontrent un corps dur, elles résonnent aussi-tôt. Si on frotte un archet avec de la résine, le frottement qu'il produira ensuite sur une corde de violon, communiquera aux molécules de cette corde un mouvement de vibration très-propre pour le son. Prenez un verre à boire très-mince; & passez sur son bord, en le frottant, votre doigt un peu

mouillé, vous entendrez un ſon plus ou moins conſidérable ; & ce ſon variera ſelon la quantité d'eau que contiendra le verre ; l'on remarquera auſſi que l'eau frémira à la ſurface, & qu'il s'en élancera de fort petites gouttes, qui s'éleveront à différentes hauteurs : cette expérience eſt agréable à voir. Ces expériences nous font comprendre que le ſon n'eſt pas produit par le ſeul mouvement oſcillatoire du corps total, mais plutôt par le frémiſſement de ſes particules. C'eſt la raiſon pour laquelle les corps mous & peu élaſtiques, dont les parties ſont peu propres au mouvement vibratoire, ſont très-peu ſonores. Néanmoins certains corps peu propres à réſonner, peuvent par leur mêlange, former un corps très-ſonore, comme il arrive lorſqu'on fait des cloches, en mêlant le cuivre avec l'étain. Tout ce qui peut empêcher ou diminuer le mouvement de vibration nuit au ſon. C'eſt pourquoi les tymbres des horloges couverts de neige, les tambours couverts d'un linge, ſont très-peu ſonores.

On fait cesser subitement le son d'une cloche en la touchant avec la main ou avec quelqu'autre corps, parce qu'on interrompt ses vibrations. C'est pour obvier à cet inconvenient, que les horlogers ont toujours soin que les marteaux des tymbres, soient relevés subitement après le coup, par un ressort, de peur qu'en restant trop long-temps appliqués sur le corps sonore, ils ne nuisent à la beauté du son. Une cloche frappée avec un morceau de bois verd rend un son plus foible, qu'en la frappant avec un marteau de fer, parce que le bois plus mou ne peut vibrer les parties de la cloche avec assez de force. Les cloches fendues raisonnent très-mal; parce que les bords de la fente, en se frappant alternativement, nuisent au mouvement de vibration, de la même maniere à peu près qu'un corps qu'on appliqueroit extérieurement. Mais les anciens instrumens rendent ordinairement un son plus pur, parce que les sucs qui étoient répandus entre leurs fibres, se sont dissipés peu à peu, & leurs molécu-

les ſont devenues plus propres au frémiſſement. Quelquefois auſſi les inſtrumens briſés & racommodés, rendent des ſons plus aigus, ce qui paroît venir de ce que leurs fibres ſont devenues plus courtes; or l'on ſait que les cordes plus courtes rendent des ſons plus aigus. Le mouvement de frémiſſement paſſe des particules du corps ſonore dans celles de l'air environnant, dont les molécules oſcillent comme une corde de muſique. On ne ſauroit révoquer en doute que l'air ne ſoit le véhicule du ſon; car ſi on renferme dans la machine de Boyle une montre à réveil bien iſolée, & qui ne puiſſe pas communiquer ſes vibrations à la machine, le ſon que ce corps rend, diminue à proportion qu'on tire l'air; & quand on a épuiſé cet air, on n'entend plus aucun ſon. M. Zanotti, après des expériences auſſi délicates qu'ingénieuſes, penſe que la force du ſon eſt comme le produit de ſon élaſticité multipliée par la denſité. Ainſi, en ſuppoſant que l'élaſticité ſoit repréſentée par 6, & la denſité par 5, la force

du son sera comme 30. Il ne faut pas croire cependant que toute espece de mouvement de l'air puisse donner du son; car si une grande quantité d'air est mise en mouvement, on aura un vent sans aucun son; parce que le son consiste dans un mouvement vibratoire des molécules aériennes; & l'on observe que les poussieres qui nagent dans l'air, & qu'un rayon solaire introduit dans une chambre, rend visibles, s'agitent & se meuvent lorsqu'on fait frémir une corde de violon.

Un coup de fouet qu'un postillon fait retentir, une petite planchette qu'un enfant fait tourner rapidement au bout d'une ficelle, une baguette que l'on agite avec une grande vîtesse, produisent des sons qui supposent un mouvement de frémissement dans les parties de l'air. Qu'y a-t-il autre chose dans le son d'une flûte, qu'une certaine quantité d'air qui sort de la bouche du joueur, pour mettre en mouvement une autre masse d'air contenue dans l'instrument? Car il y a toute apparence que les vibrations du bois n'y entrent

pour rien, (si ce n'est peut-être pour transmettre avec un certain éclat le son qui est déjà formé). En effet, les vibrations de la flûte cesseroient en la touchant pendant qu'elle est en jeu, & le son seroit interrompu, ce qui n'arrive cependant pas. Il y a des gens, comme tout le monde le sait, qui cassent un verre à boire par la force de leur voix, en présentant l'ouverture de la coupe devant leur bouche. On n'aura pas de peine à comprendre la raison de ce phénomene, si l'on fait attention qu'en prenant l'unisson d'un verre, & forçant la voix, on augmente la grandeur des vibrations totales, & celles des vibrations particulieres, d'où résulte un trop grand écartement des parties du verre, qui le fait tomber en pieces. Ceux-là se trompent, qui prétendent avec Lecat, que le véhicule du son n'est pas cet air crasse, dont nous sentons la résistance & l'impulsion, mais un autre air beaucoup plus subtil, parce qu'ils ont remarqué que la flamme d'une chandelle placée auprès d'une cloche qui sonne, n'éprouve aucune agita-

tion ſenſible. Cette obſervation ne prouve rien en faveur de leur opinion : car les ondes aériennes ne coulent pas à la maniere du vent, les molécules qui les compoſent, ne parcourant, ſoit en allant, ſoit en revenant, que de très-petits intervalles ; enſorte qu'elles ne peuvent communiquer une agitation ſenſible à la flamme. D'ailleurs l'air craſſe qu'on introduit dans un récipient, augmente la véhémence du ſon, dont la force diminue à proportion qu'on l'en retire.

8. Conſidérons maintenant un corps qui produiſe un ſon par ſes vibrations alternatives ; les parties de ce corps, en s'éloignant de ſon centre, poufferont les molécules aériennes contigues, les comprimeront & les condenſeront ; mais enſuite, en ſe retirant, elles permettront aux parties comprimées de reculer & de ſe dilater. C'eſt pourquoi les particules de l'air, voiſines du corps réſonnant, iront & reviendront alternativement, ſe condenſeront en allant, & ſe dilateront en revenant ; de même les autres parties contigues

à celles-là ſe condenſeront en allant, & ſe dilateront en revenant, & ainſi de ſuite; enſorte que toutes les parties aériennes n'iront pas & ne reviendront pas en même temps, mais quelques-unes d'elles iront tandis que les autres reviendront, & ainſi de ſuite alternativement. Néanmoins, quoique les parties du corps réſonnant aillent, & reviennent ſelon une direction déterminée, le mouvement propagé dans l'air ſe communiquera de tous côtés; parce que les fluides par leur nature exercent leur preſſion en tous ſens. C'eſt pourquoi le ſon ſe répandra par des ſurfaces à peu près ſphériques & concentriques dont le centre commun ſera le corps ſonore. Nous en avons un exemple, imparfait à la vérité, dans les ondes qu'on excite dans l'eau par le mouvement du doigt, qui ſe répandent autour de lui en cercles concentriques.

9. Le ſon ne ſe répend pas toujours avec une égale vîteſſe, ſoit dans le même endroit, ſoit en différens lieux de la terre; mais il paroît que ſa vîteſſe moyenne eſt de 173 toiſes par ſeconde : la raiſon pour laquelle le

son ne parcourt pas le même espace en temps égaux dans différens lieux, ou dans le même endroit, ou en différens temps, paroît venir de ce que le ressort de l'air varie par sa chaleur, sa densité, sa pureté, l'électricité, le vent. Or l'élasticité de l'air n'étant pas la même, la vîtesse du son doit varier. Cependant Derham assure que quelques variations qui surviennent à l'athmosphere, (si on excepte les vents), la vîtesse du son est toujours la même. Cassini prétend aussi que la vîtesse du son est toujours la même en France, pendant la nuit ou pendant le jour, que le temps soit serein ou pluvieux : mais *Blanconi* nous assure que la vîtesse du son est plus petite en hiver qu'en été, & qu'il emploie quatre secondes de plus en hiver qu'en été pour parcourir 13 milles d'Italie (1).

10. La connoissance de la vîtesse du son peut être utile à celui qui assiege une ville; car en considérant le moment où la lumiere d'un canon placé sur le rempart, se fait apperce-

(1) Comment. Bonon. vol. 2, pag. 365.

voir, & l'inſtant auquel on entend le ſon, & meſurant exactement cet intervalle, on peut déterminer aſſez juſte la diſtance à laquelle on eſt des murs lorſqu'on entre dans la tranchée, ou lorſqu'on commence à l'ouvrir; car ſi on trouve que l'intervalle dont nous venons de parler, eſt de dix ſecondes, on ſera aſſuré que la diſtance de la tranchée au rempart eſt d'environ dix fois 173 toiſes, ou de 1730 toiſes. De même ſur mer, en conſidérant le moment où la lumiere d'un canon ſe fait appercevoir, & meſurant exactement le temps qui ſépare ce moment de celui où l'on entend le coup, on pourra déterminer aſſez juſte la diſtance qu'il y a entre deux vaiſſeaux. Cette connoiſſance eſt encore très-utile aux Géographes pour marquer ſur les Cartes les diſtances des différens lieux ſéparés les uns des autres par des montagnes inacceſſibles qui empêchent qu'on puiſſe les meſurer avec exactitude. Cette propriété peut même contribuer à notre ſécurité; car ſi on meſure exactement l'intervalle qui ſépare le moment où l'on voit l'éclair, de celui où l'on entend le tonnerre,

on connoîtra avec aſſez d'exactitude la diſtance qui nous ſépare du lieu où la foudre vient d'être produite ; mais la foudre ne parcourt pas un grand eſpace ſans ſe diſſiper.

Selon M. de Mairan, un ſon plus aigu doit ſe propager avec un peu plus de vîteſſe qu'un ſon plus grave : mais les obſervations des Accadémiciens de Florence, de Derham, & de Caſſini font voir qu'un ſon plus fort ou plus foible, plus aigu ou plus obtus, parcourt les mêmes eſpaces en temps égaux. Si nous en croyons Derham, le ſon deſcend avec moins de vîteſſe du ſommet d'une montagne vers ſon pied, qu'il ne monte du pied vers le ſommet de la même montagne ; mais les obſervations de Caſſini, & celles que les Phyſiciens Eſpagnols & François ont faites au Pérou, ne s'accordent pas avec ce ſentiment.

Le vent favorable à la direction du ſon accélere ſa vîteſſe ; un vent contraire le retarde. Le ſon ſe propage auſſi beaucoup plus loin, ſi le vent eſt favorable; car alors on entend le ſon de certaines cloches aſſez

éloignées, & l'on ceſſe de les entendre, lorſque le vent eſt contraire. Mais ſi on pointe un canon, la vîteſſe du ſon demeure la même, dans quelque direction que ſe faſſe l'exploſion par rapport à l'obſervateur, ainſi que Derham l'a remarqué auſſi-bien que les Phyſiciens Eſpagnols & François qui ont fait le voyage du Pérou.

Un ſon plus fort en abſorbe un plus foible; c'eſt la raiſon pour laquelle lorſqu'on eſt auprès d'une groſſe cloche qu'on fait ſonner, on n'entend point parler celui qui eſt près de nous: cependant ſi on produit tout à la fois dans un petit endroit différens ſons qui ne ſoient pas trop bruyans, on pourra les diſtinguer aſſez aiſément: c'eſt pour cette raiſon que nous pouvons juger aſſez bien ſi les ſons d'un concert ſont *diſſonnans* ou *harmoniques*.

11. Tout ce qui peut communiquer un mouvement de frémiſſement aux particules de l'air, peut produire le ſon: telles ſont les cordes & les cloches, les flûtes & les trompettes dans leſquelles on ſouffle de l'air. Lorſqu'on pince une corde bien tendue & qu'on la fléchit à une petite profondeur, elle

se rétablit par sa force élastique; mais étant parvenue à sa premiere situation naturelle, elle passe au-delà par le mouvement acquis, & fait ainsi plusieurs allées & venues, jusqu'à ce que tout son mouvement soit éteint par la résistance de l'air. Si l'on fait ainsi osciller une corde de musique, tendue par un poids, on trouvera qu'en la fléchissant à des très-petites profondeurs, ses vibrations, quoiqu'inégales en étendue, se feront cependant en temps égaux, comme il arrive aux petites vibrations d'un pendule; ce qui vient de ce que lorsque la profondeur de l'inflexion est plus grande, la force élastique qui agit pour rétablir la corde dans sa premiere situation, augmente dans le même rapport. Si l'on fait osciller deux cordes homogenes de même diametre tendues par des poids égaux, mais inégalement longues, on trouvera qu'elles feront des vibrations dont les nombres seront en raison inverse de leur longueur; ainsi une corde d'une toise de longueur, fera 9 vibrations dans le temps qu'une corde de 9 toises n'en fera qu'une. Si les cordes ne different

different que par leurs diametres, celle qui aura un diametre 9 fois plus grand que l'autre ne fera, qu'une vibration, pendant que l'autre en fera 9. Enfin si les cordes ne different que par les poids qui les tendent, celle qui sera tendue par un poids 9 fois plus grand, fera 3 vibrations dans le temps que l'autre n'en fera qu'une, ensorte que dans ce cas les nombres des vibrations de chaque corde, sont dans le rapport des racines des poids tendans. Mais pour que ces expériences soient plus faciles à faire, on doit choisir des cordes d'une certaine longueur; comme par exemple, de 96 pieds, ou même plus longues; car alors les vibrations pourront être facilement comptées; mais ces vibrations doivent être très-petites. Or on sait qu'une corde de 96 pieds, peut faire une oscillation dans une seconde (1). Le son est d'autant plus aigu que la corde qui le produit fait un

(1) Quoique ce que nous allons dire dans cette note, ne soit pas absolument nécessaire pour l'intelligence de la question que nous traitons, nous croyons cependant faire plaisir à un grand nombre de Lecteurs, en

plus grand nombre de vibrations dans le même temps, & d'autant plus grave qu'elle en fait moins. Il ne faut pas croire qu'on puisse rendre

---

expliquant d'une maniere qui nous paroît assez claire, le rapport qu'il y a entre les petites vibrations des cordes de musique de même matiere, à raison de leur longueur, de leur tension & de leur diametre. Supposons deux cordes homogenes *A B*, *a b*, (*fig.* 1) attachées aux points fixes *A* & *a*, & passant sur deux poulies *B*, *b*, & dont les diametres & les poids tendans *P* & *p* soient égaux. Si l'on applique au milieu de ces cordes des puissances flexissantes égales, il est évident que la corde la plus longue sera flexie à une profondeur *M m*, d'autant plus grande que cette corde est plus longue, de maniere que si la corde *A B* est 9 fois plus longue que *a b*, la profondeur *M m* sera 9 fois plus grande que la profondeur *ſ t*; en effet la corde *A B* ne peut faire équilibre à la puissance flexissante, à moins que l'angle *A m B* ne soit égal à l'angle *a t b*; or pour cela, il est nécessaire que les triangles *A m B*, *a t b* soient semblables, l'un étant en grand ce que l'autre est en petit; & parce que *A B* vaut 9 fois *ab*, *M m* doit aussi valoir 9 fois *ſ t*. Cela posé l'action des poids *P* & *p*, pouvant être considérée comme uniforme pendant la restitution des cordes, à cause que le temps de chaque vibration est très-petit, nous pouvons supposer que la force restituante est constante, qu'elle est la même dans les deux

le son aussi aigu qu'on le voudroit. Si nous en croyons le fameux Haller, (Elémens de Physiologie, traduction de M. Bordenave, 2e. partie,

---

cordes; mais dans la plus grande, elle doit faire mouvoir une masse nonuble; ainsi elle doit lui communiquer une vîtesse 9 fois plus petite. Si nous supposons donc que l'espace *ft* est représenté par 1 ligne, cet espace étant décrit par une force comme 1, sera décrit dans un temps représenté par 1, & la force qui agit pour rétablir la corde *A B*, fera parcourir la neuvieme partie d'une ligne dans un temps comme 1; & parce que les espaces parcourus par l'action d'une force accélératrice constante, sont comme les quarrés des temps, elle fera parcourir un espace 81 fois plus grand ou 9 lignes, dans un temps comme 9, c'est-à-dire que le temps d'une demi-oscillation de la corde *A B*, sera 9 fois plus grand que celui d'une domi-oscillation dans la corde *ab*; ainsi les temps des oscillations entieres, seront entr'eux comme 9 & 1, ou comme les longueurs des cordes; ce qui arrivera de même quelles que soient ces longueurs; c'est pourquoi la corde *a b* fera 9 vibrations dans le temps que l'autre n'en fera qu'une.

Supposons maintenant que les poids tendans *P* & *p*, soient entr'eux comme 1 & 4; le premier étant d'une livre, par exemple, & le second de 4 livres, & que les cordes de même matiere soient également longues &

page 38), le ſon le plus aigu qu'on puiſſe entendre, demande 7520 oſcillations par ſeconde, & le plus grave en exige 30. M. Sauveur penſe que

---

également groſſes; il eſt viſible que la même force qui flexira la corde *AB*, à une profondeur comme 4, ne pourra flexir la corde *a b*, qu'à une profondeur comme 1, la cauſe qui s'oppoſe à ſa flexion étant 4 fois plus grande pour cette corde que pour l'autre; d'ailleurs le reſſort qui tend à rétablir ces deux cordes, & qui s'oppoſe à une flexion ultérieure, ſera le même; & en ſuppoſant que ſon action eſt uniforme pendant la reſtitution, (ce qui ne change rien à la juſteſſe de la concluſion que nous voulons en tirer), qui dure très-peu de temps, la corde *A B* devra parcourir un eſpace comme 1, dans un temps comme 1, & un eſpace comme 4, dans un temps comme 2, tandis que l'autre corde qui n'a qu'un eſpace comme 1 à parcourir, ſe rétablira dans un temps comme 1; ainſi la ſeconde corde fera deux vibrations, tandis que la premiere n'en fera qu'une ou ce qui revient au même, ces deux cordes feront des vibrations dont les nombres ſeront dans les rapports des racines 2 & 1 des poids tendans, & cela aura lieu de même dans les autres cas.

Nous avons conſidéré le reſſort des cordes, comme étant le même pendant tout le temps de la reſtitution, quoique ce reſſort diminue à proportion que la corde ſe rétablit; mais

le son le plus aigu que nous puissions entendre, est produit par une corde qui peut faire 6400 vibrations par seconde, tandis que le plus grave

---

il faut remarquer 1°. que le temps de la restitution est très-court, & que les choses se passent, du moins sensiblement, comme si la force restituante étoit constament la même qu'au commencement de la restitution. 2°. Que l'on peut, si l'on veut, concevoir une force moyenne entre celle qui agit au commencement de la restitution & celle qui a lieu dans l'état de repos, & regarder cette force comme une force restituante dont l'action seroit uniforme; & l'on tirera de cette supposition les mêmes conséquences que nous avons déjà tirées de l'autre.

Supposons à présent que les cordes *A B*, *a b* de même matiere, également longues & tendues par des poids égaux, ont des diametres qui soient entr'eux comme 2 & 1; alors la corde *A B* pourra être considérée comme composée de quatre cordons, dont chacun seroit égal à la corde *a b*; (car les cordes sont des cylindres, & les cylindres de même longueur sont comme les quarrés des diametres, ensorte que si un cylindre de plomb pese une livre, un autre cylindre du même métal, de même longueur, & dont le diametre seroit 2 fois plus grand, pesera 4 livres;) mais alors chacun de ces cordons étant tendu par le quart du poids *P*, que je suppose de 4 livres, sera 4 fois moins tendu que la

demande ſeulement 12 vibrations & demie dans le même temps. Le même Phyſicien ayant ſupputé combien une corde de muſique parcourt d'eſpace

---

corde *a b*, tendue par le poids *p* de 4 livres; c'eſt pourquoi la force qui pourra flexir la corde *A B* à une profondeur comme 4, pourra flexir la corde *a b* à la même profondeur. Cela poſé, conſidérons un ſeul cordon dans la corde *A B*, & déſignons-le par *c*; ce cordon *c* tendu par un poids comme 1, ſera fléchi à une profondeur comme 4, la corde *a b*, tendue par un poids comme 4, étant fléchie à la même profondeur; mais la corde *a b* ſe rétabliſſant dans un temps comme 1, le cordon *c* dont la force reſtituante eſt quatre fois plus petite, parcourra ſeulement un eſpace comme 1, dans le même temps, & un eſpace comme 4 dans un temps comme 2; c'eſt-à-dire, que la corde *a b* fera 2 vibrations dans le temps que le cordon *c* n'en fera qu'une; or les autres cordons de la corde *A B*, & par conſéquent la corde *A B* toute entiere, feront leurs vibrations dans le même temps que le cordon *c*; ainſi la corde *A B* fera une vibration, tandis que la corde *a b* en fera deux, c'eſt à-dire que ces cordes feront des vibrations dont les nombres feront en raiſon inverſe des diametres; & cela arrivera de même en ſuppoſant que ces cordes ont d'autres diametres différens, pourvu que leurs longueurs & leurs poids tendans ſoient égaux.

dans un certain temps, lorſqu'elle eſt vibrée avec plus de force, & combien elle en parcourt lorſque ſes vibrations ſont moins promptes, tandis cependant qu'elle donne le même ton, il a trouvé que cette corde parcourt en une ſeconde un eſpace 72 fois plus grand dans le premier cas que dans le ſecond; de ſorte qu'une même corde peut produire un ſon 72 fois plus fort, quoiqu'elle donne toujours le même ton. Cependant, dans les fortes inflexions le reſſort d'une corde d'inſtrument réagit dans un rapport plus grand que celui qui eſt entre ces inflexions; enſorte que dans une grande inflexion, elle exécute ſes vibrations plus promptement que ſi on la touchoit plus doucement, & qu'on lui fît prendre une inflexion

Les Géometres, pour exprimer ce que nous venons d'établir dans cette note, diſent *que le nombre des vibrations des cordes de même matiere, ſont en raiſon directe des racines des poids tendans, & en raiſon inverſe des diametres & des longueurs de ces cordes.* Au reſte, nous avons traité cette matiere d'une maniere plus ſavante dans le cinquieme volume de notre Cours complet de Mathématiques.

plus petite : il peut donc ſe faire qu'une corde bruiſſe, & qu'elle donne un ſon trop aigu lorſqu'on la touche avec trop de force ; de même une flûte, dans laquelle on pouſſe avec violence une grande quantité d'air, rend un ſon plus aigu que lorſqu'on pouſſe l'air avec moins de force.

Les vibrations fort petites des mêmes cordes ſont iſochrones, parce que la force reſtituante eſt proportionnelle à l'eſpace à parcourir. Si les cordes ſont trop tendues, l'élaſticité eſt plus grande à proportion que l'eſpace à parcourir, & alors les vibrations ſont plus promptes. Une corde qu'on frappe par un rude coup d'archet, donne d'abord un ſon plus aigu que dans la ſuite, ou plus aigu que ſi on l'eût touchée moins rudement ; parce que la corde tendue alors avec plus de force, doit donner un ſon plus aigu que dans la ſuite.

Une corde *a b* (*fig.* 2), étant tendue, rend un certain ſon lorſqu'on la touche ; mais ſi la moitié *a c* de cette corde étoit tendue par le même poids, elle feroit deux vibrations dans

le même temps que la corde *a b* n'en peut faire qu'une ; enſorte que le nombre des vibrations ſont dans le même temps en raiſon inverſe des longueurs des cordes. Une corde rend un ſon d'autant plus aigu par rapport à une autre corde, qu'elle fait plus de vibrations que l'autre dans le même temps. Lorſque les vibrations faites en temps égaux par deux cordes différentes ſont entr'elles comme l'on le voit ci-deſſous, les Muſiciens donnent aux ſons que rendent ces cordes les noms que nous allons indiquer. Sept tons ſont une *octave*; car le huitieme ton eſt le premier de l'octave ſuivante : on compte dans l'octave 3 tons majeurs, 2 tons mineurs & 2 ſemi-tons. Ces ſons de l'octave ſont connus par les noms ſuivans, *ut*, *re*, *mi*, *fa*, *ſol*, *la*, *ſi*; *UT*. Le ton conſiſtant dans la continuité du même ton pendant un certain temps, un coup de canon ne ſauroit avoir de ton.

1	à	1	*L'Uniſſon.*
2	à	1	*L'Octave.*
3	à	2	*La Quinte majeure.*
64	à	45	*La Quinte mineure.*

4	à	3	*La Quarte majeure*
45	à	32	*La Quarte mineure.*
5	à	4	*La Tierce majeure.*
6	à	5	*La Tierce mineure.*
5	à	3	*La Sixieme majeure.*
8	à	5	*La Sixieme mineure.*
16	à	9	*La Septieme mineure.*
15	à	8	*La Septieme majeure.*
12	à	5	*La Dixieme mineure.*
5	à	2	*La Dixieme majeure.*
8	à	3	*La Onzieme.*
9	à	8	*Le Ton majeur.*
10	à	9	*Le Ton mineur.*
16	à	15	*Le Semi-Ton.*
81	à	80	*Le Comma.*

12. Nous diſons que des cordes ſont à l'uniſſon, lorſqu'elles font le même nombre de vibrations dans le même temps ; cependant deux cordes dont l'une feroit 200 vibrations, tandis que l'autre en feroit 203, ſeroient à l'uniſſon par rapport à nous, & nous ne pourrions diſtinguer aucune différence dans le ton de ces cordes.

Maintenant quand l'oreille découvre aiſément un rapport qui regne entre deux ſons, ce rapport eſt appellé *conſonnance* ou *accord* ; & quand ce

rapport eſt trop difficile à ſaiſir, ou même impoſſible, c'eſt une *diſſonnance*; lorſque deux cordes ſonores que l'on touche enſemble recommencent en même temps leurs vibrations, que l'une en fait deux, tandis que l'autre n'en fait qu'une, elles donnent l'octave qui eſt l'accord. Or, les accords ſont d'autant plus parfaits que ces réunions & ces commencemens périodiques demandent des vibrations dont les nombres ſont plus faciles à ſuivre. Dans les inſtrumens de Muſique, la partie qu'on touche pour exciter les ſons, eſt diſpoſée de maniere qu'on en peut changer facilement les degrés de tenſion ou les dimenſions; & c'eſt par ce moyen qu'ils ſont propres à rendre la compoſition du Muſicien. Les chanterelles d'une vielle, par exemple, montées à l'uniſſon, figurent les airs, parce que les touches que l'on pouſſe, les accourciſſent plus ou moins. Pour former les tons dans le violon, ce ſont les doigts qui font l'office des touches, en preſſant les cordes contre les diviſions du manche. Dans le claveſſin, l'étendue du jeu vient du

plus grand nombre des cordes & de leurs différentes grosseurs & longueurs. Dans une flûte, la colonne aérienne, qui produit le son, change en quelque façon de longueur, selon le nombre des trous que l'on débouche ou que l'on tient fermés ; car chacun de ces trous produisant une communication de l'air extérieur avec celui du tuyau, empêche que ce dernier ne reçoive d'une maniere complette ou dans toute son étendue, les vibrations qui viennent de l'embouchure (1).

(1) Les Musiciens ont attention de donner plus de durée aux sons plus graves, & moins de durée aux sons aigus ; cependant les sons aigus doivent quelquefois avoir plus de durée, & les graves moins de durée, si ceux-ci ont des rapports plus simples, tandis que les proportions des autres sont plus compliquées. C'est une question aussi importante que curieuse, pourquoi une belle musique excite en nous le sentiment du plaisir ? Pourquoi, par exemple, la tierce mineure, dans laquelle les vibrations sont dans le rapport de 6 à 5, est si agréable, tandis que les sons dont les vibrations sont dans la proportion de 7 à 6, affectent l'ame d'une maniere si désagréable. Les Savans sont bien partagés là-dessus. Il y en a qui pré-

13. Les Ouvriers diſpoſent le bec de la flûte, de maniere que l'air qui entre par la fente, forme une eſpece de lame mince qui gliſſe le long du

---

tendent que c'eſt une pure bizarrerie, & que le plaiſir que cauſe la muſique, n'eſt fondé ſur aucune raiſon; que la même muſique peut être goûtée par quelques-uns, & déplaire à d'autres: mais bien-loin que la queſtion ſoit décidée par-là, elle devient plutôt plus compliquée; car on veut ſavoir la raiſon pourquoi la même piece de muſique peut produire de ſi différens effets, puiſqu'il faut convenir que rien n'arrive dans le monde ſans raiſon; d'autres diſent que le plaiſir que l'on ſent en entendant une belle muſique, conſiſte dans la perception de l'ordre qui y regne. Ce ſentiment paroît d'abord aſſez bien fondé, & mérite d'être examiné avec beaucoup d'attention. La muſique renferme deux eſpeces d'objets, où l'on peut introduire un certain ordre: l'un ſe rapporte à la différence des tons, en tant qu'ils ſont hauts ou bas, aigus ou graves; on doit ſe ſouvenir que cette différence vient du nombre de vibrations que chaque ton rend en même temps. Cette différence qui ſe trouve entre la viteſſe des vibrations de tous les tons, eſt ce qui eſt nommé proprement *l'harmonie*. Ainſi en entendant une muſique, lorſqu'on comprend les rapports ou les proportions que les vibrations de tous les tons ont entr'elles, on a la connoiſſance de l'harmonie. Deux

tube ; & dans les flûtes traversieres ; la bouche semble imiter une espece de bec. L'air contenu dans le corps de la flûte, forme comme une espece

---

tons qui different d'une octave, excitent le sentiment de la proportion de 1 à 2 ; une quinte excite celui de la proportion de 2 à 3 ; & une tierce majeure celui de la proportion, ou du rapport, (car ces termes sont ici synonimes), de 4 à 5. On comprend donc l'ordre qui se trouve dans quelque harmonie, quand on connoît toutes les proportions qui regnent entre les tons dont l'harmonie est composée ; & c'est le jugement des oreilles qui conduit à cette connoissance. Ce jugement étant plus ou moins fin, on comprend pourquoi la même harmonie est apperçue par l'un, & point du tout par l'autre, sur-tout quand les rapports entre les tons sont exprimés par des nombres un peu grands. Cependant il y a des Musiciens qui pensent que les sons dissonans & distans les uns des autres dans une proportion difficile à déterminer, sont quelquefois gracieux ; ce qui vient sans doute de la disposition particuliere de l'organe. Ils assurent d'ailleurs que l'ame ne compte pas les degrés des consonnances, & ne se plaît pas dans leur facilité. D'autres assurent que le plaisir que cause la musique, vient de la proportion qu'ont entr'eux les sons harmoniques. Si ce rapport est aisé à saisir comme ceux de 1 à 2, de 2 à 3, les sons, disent-ils, seront agréa-

de corde d'une certaine longueur & grosseur, tendue par le poids ou la pression de l'athmosphere; or cette pression doit s'estimer par la hauteur

---

bles. Mais si ce rapport est difficile à saisir, ils seront désagreables & discordans. L'aveugle né auquel M. Cheselden donna la vue, en lui abattant la cataracte, trouvoit agréable les formes régulieres & unies, mais les corps pointus & irréguliers lui étoient désagréables; il en est demême, ajoutent-t-ils, du plaisir des sons.

Outre l'harmonie, la musique renferme encore un autre objet susceptible d'ordre, qui est la *mesure* par laquelle on assigne à chaque ton une certaine durée; & la perception de la mesure consiste dans la connoissance de la durée de tous les tons & des proportions qui en naissent, comme si un ton dure deux fois, trois fois ou quatre fois plus qu'un autre. Le tambour & la timbale nous fournissent une musique où la seule mesure a lieu, puisque tous les tons sont égaux entr'eux; & là, il n'y a point d'harmonie; comme il y a aussi une musique où la seule harmonie a lieu, à l'exclusion de la mesure; mais une musique parfaite réunit l'harmonie & la mesure. Maintenant celui qui entend une musique, & qui comprend toutes les proportions sur lesquelles, tant l'harmonie que la mesure est fondée, a certainement la plus parfaite connoissance de cette musique qu'il soit possible physiquement d'avoir, pendant qu'un autre qui n'apper-

du mercure dans le barometre. Mais; parce que les filets aériens, qui composent cette corde, sont également tendus par la pression de l'athmos-

---

çoit ces proportions qu'en partie ou point du tout, n'y comprend rien ou en a une connoissance imparfaite. Mais le plaisir sur lequel roule cette question, est encore bien différent de cette connoissance, dont on vient de parler; quoiqu'on puisse avancer hardiment qu'une musique produit plus de plaisir, quand on en a une certaine connoissance; car la seule connoissance de toutes les proportions qui regnent dans une musique, tant à l'égard de l'harmonie que de la mesure, ne suffit pas encore pour exciter le sentiment du plaisir: il faut quelque chose de plus. Pour se convaincre que la seule perception de toutes les proportions d'une musique n'est pas suffisante, on n'a qu'à considérer une musique fort simple qui ne marche que par des octaves, où la perception des proportions est certainement la plus aisée; cependant il s'en faut beaucoup que cette musique cause du plaisir, quoique celui qui l'entend en ait la connoissance. On prétend donc que le plaisir demande une connoissance qui ne soit pas trop facile, mais qui exige quelque peine; il faut, pour ainsi dire, que cette connoissance nous coûte quelque chose. Mais une dissonnance dont la proportion consiste en des plus grands nombres, est plus difficile à être comprise

phere, quel que ſoit le diametre de la flûte, il eſt viſible que les ſons doivent être d'autant plus graves que les flûtes ſont plus longues, & d'autant

---

cependant une ſuite de diſſonnances placées ſans choix & ſans deſſein, ne plaira pas. Il eſt donc néceſſaire que le compoſiteur ait ſuivi dans ſa compoſition un certain plan ou deſſein, qu'il ait exécuté par des proportions réelles & perceptibles; & alors, lorſqu'un connoiſſeur entend cette piece, & qu'outre les proportions il en comprend le plan & le deſſein même que le compoſiteur a eu en vue, il éprouve cette ſatisfaction, qui eſt le plaiſir dont une belle muſique frappe les oreilles intelligentes. Ce plaiſir vient donc de ce que l'ame devine, pour ainſi dire, les vues & les ſentimens du compoſiteur, dont l'exécution, en tant qu'on la juge heureuſe, remplit l'eſprit d'une agréable ſatisfaction. C'eſt à peu près une ſemblable ſatisfaction qu'on reſſent en voyant une belle pantomime, où on peut deviner par les geſtes & les actions, les ſentimens & les diſcours qui ſont repréſentés, en ſuppoſant d'ailleurs qu'on exécute un beau deſſein : dès qu'on a deviné le ſens d'une énigme propoſée, & qu'on reconnoît qu'il eſt parfaitement exprimé dans la propoſition de l'énigme, on en reſſent un grand plaiſir; au lieu que les énigmes plates & mal digérées n'en cauſent aucun. Tels ſont

plus aigus qu'elles ſont plus courtes; ce qui s'accorde très-bien avec l'expérience. On a auſſi obſervé que le ſon des flûtes eſt plus aigu pendant

---

peut-être les vrais principes, ſur leſquels ſont fondés les jugemens ſur la beauté des pieces de muſique. A ces raiſons on pourroit ajouter que les concerts agréables produiſent dans le fluide nerveux, un mouvement doux, & dans les nerfs un ébranlement cadencé, auquel l'Auteur de notre être a attaché un certain ſentiment de plaiſir, comme quand on fait commencer en même temps les vibrations de trois pendules, ſitués aſſez près les unes des autres, & dont les longueurs ſont entr'elles comme 16, 9, 4, de maniere que le premier faiſant 4 vibrations, le ſecond en fait 3, & le troiſieme 2, dans le même temps; car les mouvemens de leurs fils cauſent un ſentiment agréable, comme les accords formés par les ſons qui, dans les même temps rendent des vibrations dont les nombres ſont comme 4, 3, 2; de ſorte qu'il y a une eſpece d'analogie entre l'organe de l'ouie & celui de la vue. Mais comme ceci ne regarde plus la Phyſique, nous renvoyons ceux de nos Lecteurs qui voudront connoître plus particulierement pourquoi certaines choſes plaiſent aux uns tandis qu'elles déplaiſent aux autres, à ce que nous avons dit ſur cette matiere dans notre Métaphyſique, dans le Chapitre de la Sym-

un temps ſerein & fort chaud, parce qu'alors l'air étoit plus élaſtique; le ſon doit être plus foible, par un temps de neige, parce que les vibrations aériennes ſont amorties par les flocons de neige qu'elles rencontrent, qui, n'étant pas élaſtiques, ne peuvent réagir contre l'air qui les frappe. La force des ſons dépend de la force

---

pathie & de l'Anthipatie, où ils trouveront peut-être des choſes qui leur feront plaiſir.

On dit que la muſique guérit ceux qui ont été piqués par la tarentule, qui eſt une eſpece de groſſe araignée, aſſez commune en Italie, dont le venin cauſe quelquefois la mort. Quand on s'apperçoit que quelqu'un a cette maladie, on eſſaie en ſa préſence différens airs, ſur différens inſtrumens, juſqu'à ce qu'on ait trouvé celui qui convient pour la guériſon; on le reconnoît à certains geſtes & à certains mouvemens cadencés quefait le malade. Ces agitations, cette eſpece de danſe & ces ſauts excitent ordinairement une tranſpiration ſalutaire, qui étant renouvellée de temps en temps, diſſipe tout le venin : mais je ne garantis pas cette hiſtoire. Cependant, ſi l'on en croit l'Hiſtoire de l'Académie des Sciences (an. 1708, pag. 22), on a vu des gens attaqués de fievres chaudes, être touchés d'un air de violon, ſe lever, ſauter, ſuer, de fatigue & être guéris.

avec laquelle l'air eſt lancé dans la flûte, & du rapport qu'il y a entre la longueur & le diametre de l'inſtrument. Si l'on ſouffle trop lentement dans la flûte, on ne produira aucun ſon ; mais ſi l'on ſouffle avec trop de violence, le ſon ſera plus aigu qu'il ne doit être; ce qu'on doit attribuer à la trop grande promptitude avec laquelle la corde aérienne fait alors ſes oſcillations, comme quand on pince avec trop de force une corde de muſique fort tendue, qui rend un ſon plus aigu, que quand on lui fait faire des vibrations moins profondes (1).

---

(1) Les flûtes nous offrent encore quantité de différences à examiner. Les unes ont des anches, comme les haut bois : quand nous ſoufflons dans cette anche, & que nous en pinçons les levres avec les nôtres, nous les ébranlons, nous leur communiquons des vibrations, & par ce moyen nous produiſons les mêmes vibrations dans l'air contenu dans le corps de la flûte ; ſi l'on bouche tous les trous, l'on communique ces oſcillations à toute la maſſe d'air renfermée dans le tuyau ; de maniere que ſi le ſouffle eſt foible, les vibrations de l'anche ſeront lentes auſſi-bien que les oſcillations de l'air qu'elles doivent

14. Tout le monde connoît le *porte-voix*, qui eſt un inſtrument par le moyen duquel on peut ſe faire entendre diſtinctement à d'aſſez gran-

---

ébranler; ainſi le ſon ſera alors fort grave; mais ſi on ouvre le dernier trou de cet inſtrument, la colonne d'air qu'il faudra mettre en mouvement, ſera moins conſidérable; car ce ſera, comme ſi le corps de la flûte devenoit plus court à proportion: & ſi l'on ſouffle avec un peu plus de force, les oſcillations de la colonne d'air en deviendront plus rapides, on entendra un ſon plus aigu; & ce ſon deviendra encore de plus en plus aigu, à proportion qu'on débouchera les trous qui ſont au deſſus, proche de l'embouchure; mais on doit faire attention que ces ſons dépendent auſſi de la force plus ou moins grande avec laquelle on ſouffle dans l'inſtrument. Les flûtes qu'on appelle *douces*, & celles qu'on nomme *traverſieres*, n'ont point d'anches. Mais il y a derriere le bec d'une flûte douce une petite fente, & lorſqu'on ſouffle par ce bec, l'air va frapper la *languette* placée derriere le bec: cet air diviſé par le tranchant de cette languette, s'échappe en partie par cette ouverture, tandis que l'autre partie pénetre dans le corps de la flûte, & la languette reçoit un mouvement de vibration qu'elle communique à l'air renfermé dans l'inſtrument; & lorſque cet air ne peut s'échapper que par l'ouverture inférieure de l'inſtru-

des distances. Plusieurs attribuent la gloire de son invention à Morlland, & d'autres à Kircher. Voici une méthode qu'on peut suivre dans sa construction : donnez à l'instrument une longueur *g a* de 4 pieds 8 pouces (*fig.* 3), & divisez-la de maniere que la partie *g e* soit de 32 pouces, la partie *e c* de 16, & la partie *c a* de 8, construisez ensuite le tube avec une lame métallique, de fer blanc, par exemple, de maniere que la bouche de celui qui parle puisse s'appliquer exactement à l'embouchure, *b k* qui doit recevoir le son qui en sort ; le plus petit demi-diametre de la trompette parlante, doit être d'un pouce, *f e* de deux pouces, *c d* de

---

ment, & que tous les trous de la flûte sont bouchés, les oscillations de l'air sont fort lentes ; mais elles deviennent très-promptes si l'on ouvre l'orifice d'enhaut. Dans la flûte traversiere, la différence des sons dépend sur-tout de l'embouchure : cette ouverture devient tantôt plus petite, tantôt plus grande, selon la maniere différente dont on la tourne vers les levres ; mais la force avec laquelle on souffle contribue encore à cette différence.

quatre, *a m* de 8 (1). La trompette doit être dirigée vers celui de qui l'on veut se faire entendre; on doit prononcer lentement toutes les syllabes; il ne faut pas trop crier, afin que l'articulation soit plus distincte. Enfin celui qui parle doit prendre autant qu'il peut le ton que la trompette rend quand elle est frappée.

L'augmentation du son dépend de la

(1) Haze & Gravesande pensent que la forme la plus parfaite d'une trompette parlante, est la figure parabolique; parce que dans cette figure les rayons sonores *f m*, qui partent de l'embouchure *f*, où doit se trouver le foyer de la parabole, se refléchissent parallelement à l'axe *f x*, (*fig.* 4); & afin que rien ne puisse troubler l'effet que doit produire l'instrument, on doit avoir soin de recourber la partie la plus large pour que la trompette devienne plus large. M. Haze veut qu'elle soit composée de deux parties dont une soit élliptique, & l'autre parabolique (*fig.* 5), & qu'elles aient un foyer commun en *b*, afin que les rayons qui partent de l'embouchure, placée au premier foyer de la portion élliptique, étant réflechis de tous les points *e*, *f*, *d*, *c*, se croisent en *b*, pour être ensuite réfléchis parallelement de tous les points *k*, *l*, *i*, *h* de la partie parabolique.

répétition du mouvement de l'air qui eſt repouſſé d'une paroi à l'autre, & qui ne ſort qu'après un grand nombre de réflexions ; de maniere qu'il eſt augmenté par le nouveau mouvement des parties réfléchies de l'air qui ſe choquent. Ajoutez à cela qu'en général le ſon augmente toutes les fois que le corps ſonore imprime ſon mouvement à un air qui eſt appuyé, & qui par conſéquent reçoit mieux la compreſſion qu'on veut lui communiquer. C'eſt pourquoi la voix ſe fait mieux entendre dans les rues d'une ville qu'en raſe campagne. Un Orateur ſe fera mieux entendre, s'il y a moins de monde pour l'écouter, & ſi le lieu où il parle n'eſt pas meublé; parce qu'alors le ſon, au lieu de s'amortir comme il fait en frappant des corps mous, revient ſur lui-même ou ſe porte d'un autre côté, ſelon la maniere dont il eſt réfléchi. C'eſt la raiſon pour laquelle le bruit du canon ou du tonnerre s'étend plus loin dans les vallées & le long des rivieres que dans les plaines ; & que dans les aqueducs, la voix la plus foible ſe fait entendre intelligiblement

ment d'un bout à l'autre. Un homme enfermé dans l'eau ſous la cloche du plongeur, où l'air étoit fort comprimé & appuyé contre des corps très-réſiſtans, penſa s'évanouir par l'étonnement que lui cauſa le ſon violent d'un petit cor qu'il eſſaya d'emboucher. Il y a des voûtes & des édifices où la voix la plus baſſe ſe fait entendre d'un angle à l'autre, ſans que les aſſiſtans qui ſont placés par-tout ailleurs, puiſſent entendre un ſeul mot de ce qu'on dit. On trouve la raiſon de ce phénomene dans la figure de ces angles qui ſont ordinairement continus à la voûte, & qui contiennent un air qui ne ſe déplaçant point, conſerve & tranſmet facilement le ſon ; & d'ailleurs la figure de la voûte occaſionne des réflexions qui réuniſſent les rayons ſonores dans l'angle où ſe trouve l'auditeur. Si l'on creve l'une des peaux d'un tambour & qu'on frappe ſur celle qui reſte, on n'en tirera pas un ſon auſſi fort qu'auparavant, parce que l'air contenu dans la caiſſe n'a plus d'appui par en bas ; mais quand il eſt appuyé ſur une peau bien ten-

due, il reçoit plus de mouvement, & le communique au dehors, parce qu'il repose sur un corps élastique. On voit donc pourquoi le son augmente non seulement dans la direction du porte-voix, mais aussi dans tous les environs; car cet instrument est fait de feuilles de métal minces, élastiques, très-propres à transmettre au dehors le son qui augmente beaucoup au dedans. Un homme qui parle dans un porte-voix de quatre pieds de longueur, peut se faire entendre à la distance de 500 pas géométriques: (Le pas géométrique vaut 5 pieds). Si le porte-voix a 16 pieds 8 pouces de longueur, on l'entendra à la distance de 1800 pas géométriques, & on l'entendra au-delà de 2500 pas géométriques, s'il parle dans un porte-voix de 24 pieds de longueur. L'intensité du son augmente aussi à proportion qu'on donne plus d'étendue au pavillon de cet instrument; c'est la raison pour laquelle une longue trompette, qui a un pavillon très-grand, augmente si fort le son; une autre trompette de même longueur qui ne se termi-

neroit point en pavillon, rendroit un ſon bien plus foible. L'effet de la trompette parlante ne dépend pas tant de la propagation parallele des ſons, que de la concentration de la voix; & quoique le mouvement produit dans un milieu élaſtique ſe répande en toute ſorte de ſens, il peut néanmoins ſe faire qu'il ſoit plus violent vers une direction que vers l'autre, quand l'intenſité & la vîteſſe ſont ſi grandes qu'avant que les parties latérales reçoivent un mouvement ſenſible, celles qui ſont dans la direction du mouvement ſont preſſées avec une grande force. C'eſt pour une raiſon ſemblable qu'un bâton bien ſec, ſuſpendu à des fils par ſes deux bouts, ſe briſe lorſqu'on le frappe avec une grande violence vers ſon milieu, avant que le mouvement ſoit parvenu aux extrêmités. Quand on veut ſe faire entendre à un homme qui a l'oreille dure, on peut employer un cornet accouſtique *A B A* (*fig.* 6) dont le porte-vent *B* entre dans l'oreille de l'auditeur, tandis que la grande ouverture *A A* reçoit la voix de celui qui parle; &

le ſon étant augmenté par les différentes réflexions de cet inſtrument, (auquel il eſt bon de donner une figure parabolique), affecte plus fortement l'organe de l'ouie. L'augmentation du ſon que produiſent les *trompettes militaires & les cors-de-chaſſe* s'explique par les mêmes principes; & ce que nous venons de dire doit auſſi s'entendre des inſtrumens à cordes. Un claveſſin ou une baſſe de viole, forme une caiſſe de bois mince & élaſtique; autrement le ſon des cordes ſe communiqueroit à un air ſans appui, qui échapperoit pour ainſi dire à leur choc; au lieu qu'elles frappent une maſſe d'air qui eſt comme forcée de recevoir un plus grand mouvement, & qui le tranſmet au dehors par la réaction du bois. D'ailleurs le ſon réflexi ſe réuniſſant avec le ſon direct des cordes, doit exciter une ſenſation plus forte.

15. Si nous en croyons Kircher, il y a à Fulde un puits d'environ 300 palmes de profondeur, dans lequel ſi l'on jette une pierre, on entend un bruit ſemblable à un coup de canon. On dit auſſi qu'ayant

tiré un coup de piſtolet ſur les monts Carpathes, on n'entendit d'abord qu'un bruit ſemblable à celui d'un bâton qu'on briſe; mais qu'enſuite ce ſon augmenta prodigieuſement par les fréquentes réflexions des rochers & des vallées: on tira le même piſtolet en deſcendant de ces montagnes, & les réflexions produiſirent un bruit plus horrible que celui d'un gros canon. Dans les antres ſouterreins, l'air eſt ſouvent plus denſe qu'à la ſurface de la terre; & ſi le ſon augmente dans les cavernes, dans la même proportion qu'il diminue ſur certaines montagnes où l'air eſt fort rare, il peut devenir horrible.

Le ſon n'étant qu'une ſuite de vibrations, il eſt aiſé de comprendre qu'il n'y en a point qui ſoit abſolument continu: s'il paroît tel, c'eſt que l'intervalle d'une vibration à l'autre eſt trop peu conſidérable pour être apperçu. Il eſt encore très-facile de ſentir cette vérité, en conſidérant ce qui ſe paſſe dans le hautbois & la muſette, qui ſont des inſtrumens à anche: une *anche*

est composée de deux lames minces & élastiques, qu'on peut faire de bois ou de métal : elles forment un petit tuyau par un de leurs bouts ; par l'autre elles sont plates, & s'approchent de fort près. Lorsque le souffle de la bouche ou le vent d'un soufflet met l'anche en jeu, les deux lames battent l'une contre l'autre avec une grande vîtesse, & produisent un son qui paroît continu. Cependant puisque ce son vient des coups multipliés d'une lame sur l'autre, il est évident qu'il y a un petit intervalle entre les battemens, & par conséquent entre les vibrations de l'air qui donnent le son.

La voix de la plupart des insectes est produite par une méchanique assez semblable à celle d'une anche ; & l'on ne doit pas croire que le bourdonnement des mouches, le cri des cigales, celui des grillons & des sauterelles parte de la bouche de ces petits animaux. Dans les uns, c'est un certain battement des ailes ; dans les autres, c'est le jeu de quelque espece de tambour qu'ils ont quelquefois dans le ventre, comme la

cigale ; & d'autrefois ſur le dos, comme on peut l'obſerver dans certaines ſauterelles qui ſe retirent dans les buiſſons, & qui n'ont point d'ailes.

Le ſon ſera clair ſi les vibrations de l'air ne ſont pas interrompues & empêchées ; il ſera rauque ſi les vibrations ſont interrompues ; il ſera doux ſi les vibrations des différentes parties du corps ſonore ſont uniformes ; il aura de l'âpreté ſi ces vibrations ne ſont pas uniformes (1).

---

(1) On remarque dans certains corps des endroits par leſquels, ſi on vient à les toucher, ils rendent des ſons clairs & diſtincts, tandis que ces ſons ſeroient confus, ſi on les touchoit en d'autres endroits. Si deux cordes ſont montées ſur un inſtrument de muſique ou ſur deux, mais aſſez proches l'un de l'autre ; lorſqu'on pincera celle qui doit donner l'octave aigue, l'autre réſonnera ; & on obſervera au milieu de ſa longueur un nœud ou un endroit immobile ; mais les autres parties de cette corde frémiront. On remarquera de même différens nœuds ou points immobiles ſitués en différentes parties des cordes montées à différentes octaves, qui feront que les différentes parties de ces cordes donneront l'uniſſon, lorſqu'on pincera celle qui peut rendre le ſon le plus aigu.

16. Si l'on prend cinq cordes que nous désignerons par *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, de maniere que la corde *b* puisse rendre la douzieme au dessus de *a*, *c*,

---

On peut en quelque façon rendre raison de ces phénomenes, en disant que les ondes sonores produites par une corde venant à rencontrer une autre corde à l'unisson, lui communiquent d'abord un mouvement semblable; qu'elles la frappent de nouveau à la fin de la premiere vibration, ou au commencement de la seconde, au commencement de la troisieme, de la quatrieme, &c. ce qui entretient le mouvement de frémissement dans cette corde. Mais si les deux cordes ne sont pas *harmoniques*, l'air mis en mouvement par la corde pincée, frappera véritablement l'autre corde; mais son mouvement sera interrompu, les vibrations de l'air ne s'accordant pas avec celles de cette corde. Supposons deux *cordes harmoniques*, de même diametre, tendues par des forces égales, mais non pas à l'unisson, de maniere que la premiere fasse deux vibrations, tandis que la seconde n'en fait qu'une; si la premiere est pincée, la seconde se divisera en deux parties, qui feront leurs vibrations séparément, le point du milieu étant en repos. Si la corde qui résonne fait trois oscillations, tandis que l'autre n'en peut faire qu'une, la seconde se divisera en trois parties égales, ayant deux points de repos; c'est peut-tre la

la dix-ſeptieme majeure au deſſus de *a*, *d*, la douzieme au deſſous de *a* & *e*, & la dix-ſeptieme majeure au deſſous de *a* ; ſi on pince alors la corde *a*,

---

raiſon pour laquelle une oreille exercée, peut entendre un concert entier, lorſqu'on pince une corde longue & fort tendue ; car alors non ſeulement on diſtingue le ſon principal qui répond au frémiſſement total de la corde, mais encore les ſons particuliers plus aigus qui viennent des parties diviſées de la même corde. On prétend qu'une oreille bien exercée peut entendre 43 tons dans une octave. Sauveur penſe qu'on peut appercevoir dix octaves, & Euler 8. Si on applique un peigne mince au milieu d'une corde, elle rendra l'octave du ton qu'elle auroit produit ſans cet obſtacle, pourvu que le mouvement de l'archet ſoit doux : mais ſi l'on preſſe trop fortement l'archet, le peigne n'étant plus en état de faire obſtacle aux vibrations naturelles de la corde, elle donnera le même ſon qu'elle auroit produit ſans l'application du peigne. En général, pourvu que l'obſtacle par lequel on veut diviſer ainſi la corde, ſoit mince, afin que les oſcillations puiſſent paſſer d'une partie à l'autre, qu'en même tems la corde ſoit diviſée, de maniere que ſes parties ſoient des parties *aliquotes* exactes de toute la corde, c'eſt-à-dire, des moitiés, des tiers, des quarts, &c. comme ſi l'on mettoit le peigne au tiers de la longueur d'une

les autres quatre résonneront sans qu'on les touche, & on verra aussi quatre nœuds sur la corde *e*, & deux sur la corde *d*. Ces phénomenes paroissent être une loi de la nature,

---

corde; l'on entendra dans tous ces cas quelques tons de musique, produits par les deux parties de la corde. La longueur d'une corde fait qu'une de ses parties commence d'osciller, tandis que l'autre est encore en repos. On remarque aussi qu'il y a des cordes qui ne sont pas propres aux tons harmoniques : si on les tend, le son devient plus aigu qu'il ne faut ; si on les relâche tant soit peu, il devient tout de suite trop obtus. En examinant ces cordes avec attention, on s'apperçoit souvent que leur grosseur n'est pas égale, qu'elles ont comme d'especes de nœuds : & c'est-là peut-être la cause qui divise les oscillations dans les cordes longues, de maniere qu'on peut entendre plusieurs tons. M. de la Grange pense que peut-être certaines parties consonnes de tout l'instrument peuvent concourir à ce phénomene. N'arrive-t-il pas quelque chose de semblable dans un flageolet, & ne peut-on pas croire que les différentes impulsions produites à son orifice, divisent la corde aérienne, renfermée dans sa cavité en parties aliquotes, de maniere qu'outre le ton fondamental qui répond à toute la longueur de l'instrument, on peut aussi produire d'autres tons harmoniques secondaires ?

& l'on peut connoître par-là tous les ſons harmoniques.

On comprend, par ce que l'on vient de dire, pourquoi l'on voit frémir les verres à boire, les vitres, & même les maiſons; pourquoi nous ſentons dans nos membres & dans nos os un certain frémiſſement, lorſque certains corps réſonnent. En effet, ſelon ce que nous venons de dire, tous les corps qui ſont à l'uniſſon, ou à la quinte, ou à la tierce aigue du corps qui réſonne, doivent réſonner en même temps.

17. L'organe de la voix peut être comparé à un inſtrument à cordes; car l'expérience a appris au fameux Ferrein, que les deux levres de la *glotte*, (qui eſt une fente ovale par où l'air entre dans la trachée-artere pour ſe rendre dans le poumon), ne battent point l'une contre l'autre à la maniere d'une anche; mais que chacune d'elles frottée par l'air qui vient des poumons, raiſonne à la maniere d'une corde ſur laquelle on traîne un archet. Ce Médecin a reconnu que les bords de ces deux levres

ſont formés par des cordons tendineux, (qu'on peut appeller des *cordes vocales*), attachés de part & d'autre à des cartilages, qui en les tendant avec plus ou moins de force, les rendent propres à produire des ſons plus ou moins aigus. Ce Savant ayant adapté un ſoufflet à des trachées toutes fraîches, l'air qu'il fit paſſer avec précipitation par la *glotte*, rendit des ſons, & ſes conjectures devinrent des vérités évidentes.

Il y a des gens, qui par habitude ou par une certaine diſpoſition d'organes, produiſent une voix ſourde & étouffée, qui ſe forme par le frémiſſement de l'air qui entre dans la trachée: on les appelle *ventriloques*, mais improprement; car ils ne parlent pas du ventre. Il y a un Ventriloque à Saint-Germain, à quatre lieues de Paris, qui a l'art de modifier tellement ſa voix, que ceux qui ſont auprès de lui, & qui ne ſont pas ſur leur garde, penſent qu'elle vient d'un endroit éloigné. Nous renvoyons ceux de nos lecteurs, qui voudront en ſavoir davantage ſur cette ma-

tiere, à un petit Ouvrage intitulé l'*Hidroſcope & le Ventriloque* (1), dans lequel nous avons tâché de rendre raiſon des différens phénomenes qu'on obſerve dans les ventriloques.

Au reſte, ce que nous venons de dire concernant la voix humaine, ne s'accorde nullement avec l'opinion de Dodard, qui admettoit, à la vérité, un frémiſſement dans les levres de la glotte ; mais il penſoit que ce frémiſſement n'influoit ſur la variété des tons, que d'une m aniere ſecondaire, & que toute la mélodie de la voix dépendoit de la différente ouverture de la glotte. Mais Ferrein a obſervé qu'en changeant cette ouverture, la tenſion des fibres reſtant

(1) Cet Ouvrage fut imprimé en 1772, à l'occaſion du jeune Provençal, qui voyoit, dit-on, à travers la terre. L'Auteur entreprit d'expliquer ce phénomne, en ſuppoſant toutefois qu'il exiſtoit ; car quoiqu'il l'eût appris par les nouvelles publiques & par la gazette, il n'ignoroit pas que le charlataniſme en impoſe ſouvent à des gens qui n'y regardent pas d'aſſez près : (Voyez les Mémoires de l'Académie des Sciences, année 1741, page 409). On le trouve à Paris chez Valade.

la même, le ton étoit le même ; & ce ton change lorſque la tenſion des fibres eſt différente. La voix ne devient articulée que par les modifications qu'elle reçoit dans la bouche, par les dents, la langue, les levres, les joues, le palais. Le nez contribue auſſi à la beauté de la voix ; car on n'aime point à entendre quelqu'un qui parle les narines bouchées ; on dit alors qu'il parle du nez, expreſſion tout-à-fait impropre, puiſque c'eſt préciſement quand on n'en parle point qu'on s'attire un tel reproche (1).

18. Les Phyſiciens cherchent depuis long-temps par quel moyen nous pouvons entendre en même temps d'une maniere diſtincte, tant de ſons différens. M. de Mairan penſe que les molécules de l'air ſont des

(1) Conrad Amman, Médecin d'Amſterdam, enſeignoit dans le dernier ſiecle aux muets de naiſſance, à produire tous les mouvemens néceſſaires pour prononcer les lettres ; & l'ingénieux Pereyre enſeigne maintenant à Paris avec le plus grand ſuccès l'art de parler aux ſourds & muets de naiſſance.

assemblages fortuits des parties plus subtiles, qui se joignent & se séparent par mille causes différentes, pour former des molécules tantôt plus grandes, tantôt plus petites, capables, par conséquent, de transmettre des sons plus graves ou plus aigus, selon la nature du corps qui résonne; mais il paroît qu'on doit placer cette opinion dans la classe des hypotheses ingenieuses, plutôt que dans celle des vérités physiques. En effet, les molécules de l'air sont séparées entr'elles, ne se touchent nullement, & il n'y a aucune raison solide qui puisse nous faire croire que les particules qui le composent puissent se séparer ou se réunir si facilement pour former des molécules de tant de différens diametres qu'il seroit nécessaire, pour produire & transmetre sans confusion, tous les différens tons que nous pouvons distinguer séparement ou ensemble.

D'ailleurs, pourquoi les mêmes parties de l'air ne pourroient-elles pas produire les différens tons? Supposons qu'un certain ton demande 64 vibrations dans un temps donné,

tandis que l'autre en demande 8; ou 8 fois moins. La 8e. vibration du premier ſon ſera toujours jointe avec une du ſecond; c'eſt pourquoi, puiſque l'oreille eſt également affectée pendant les huit vibrations du ſon aigu, nous appercevrons un ſeul ſon; mais une vibration du ſon obtus, ſuccédant à la 8e. vibration du ton aigu, nous entendrons en même temps un ſon plus grand : & parce que les intervalles qui ſéparent les vibrations propres à donner ces deux tons différens ſont très-courts, nous croirons les appercevoir en même temps. D'ailleurs, dans notre théorie, les globules, pouvant dans les mêmes diſtances, être inertes relativement à quelques uns, tandis qu'ils exercent une action conſidérable ſur d'autres; il eſt évident que les molécules aériennes de différens genres peuvent être tellement mêlées, que les unes ſoient miſes en mouvement, tandis que leurs voiſines ſont en repos. Bien plus, quand on ſuppoſeroit que les molécules voiſines ſont auſſi miſes en mouvement, les unes doivent avoir des mouve-

mens conformes, à cauſe de la diſtribution ſemblable des points qui les compoſent, diſpoſition qui leur permet de faire des oſcillations iſochrones; mais les vibrations des globules différens ſe troublent mutuellement, tandis que celles des molécules ſemblables ſont entretenues, (après la premiere action), par les mouvemens conformes & ſemblables des autres, comme nous voyons que cela arrive dans les cordes conſonnantes des inſtrumens, dans leſquels l'une étant frappée, les autres deviennent ſonores (1).

(1) Ne peut-on pas expliquer par les mêmes principes, pourquoi une corde de violon & une flûte, qui rend le même ton, ne nous affectent cependant pas également? Les molécules de la flûte & de la corde de violon étant différentes, ne peuvent-elles pas agir d'une maniere différente ſur les mêmes molécules de l'air, & communiquer à leurs particules un mouvement de vibration différent; leurs forces répulſives ſe réuniſſant (ſi l'on peut parler ainſi) ſur des points différens dans les molécules aériennes? ou bien cela ne viendroit-il pas de ce que les fibres de différens inſtrumens capables de rendre le même ton, ſont telle-

19. Il ne faut pas s'imaginer que l'air ſoit le ſeul véhicule du ſon: car on entend d'iſtinctement le choc d'une épingle contre l'extrêmité d'une longue poutre, lorſqu'on place l'oreille à l'autre bout, ce qui vient ſans doute de la force élaſtique des parties qui compoſent les fibres longitudinales du bois; mais l'interruption qu'il y a entre ces mêmes fibres, fait que le bruit peut être à peine entendu à travers l'épaiſſeur de la même poutre. Par des expériences faites avec beaucoup d'attention, on a trouvé que le ſon ſe tranſmet de l'air dans l'eau, de l'eau dans l'air, & qu'on peut produire & entendre le ſon dans l'eau.

M. Arderon ayant fait plonger trois hommes à la profondeur de 2 pieds, & étant placé lui même ſur le rivage, leur parla d'une voix très-haute: ces hommes élevant la tête au deſſus de l'eau, répéterent

ment différentes, qu'elles agiſſent ſur des molécules d'air différentes, qui font entendre des ſons différens, quoique également graves ou également aigus.

ce que M. Arderon avoit dit, assurant cependant qu'il leur avoit parlé à voix basse. Un jeune homme s'étant placé sous l'eau, cria à haute voix, & l'on entendit le son de sa voix sur le bord du rivage opposé, mais il parut désagréable. On lança dans l'eau un globe de fer rempli de poudre à canon, après avoir mis le feu à la meche; l'explosion s'étant faite au fond de l'eau, produisit un son fort grave, qu'on entendit en l'air. *Arderon* fit plonger dans l'eau un jeune homme qui tenoit une sonnette à la main; & ce jeune homme en entendit le son à quelque profondeur qu'il la fit sonner. On dit même qu'en plongeant dans de l'eau purgée d'air une montre à réveil enfermée dans un récipient, on peut entendre le son qu'elle rend; & que l'affoiblissement du son qui passe de l'air dans l'eau se fait presque tout entier au passage; de maniere qu'à 3 pieds de profondeur, on entend presque aussi-bien qu'à trois pouces. Ces expériences semblent prouver que l'eau est un milieu élastique, quoique ses molécules fassent des oscillations

très-petites, & que les Académiciens de Florence n'aient pas pu comprimer ſenſiblement ce fluide. L'eau n'eſt pas le ſeul fluide qui permette au ſon de ſortir de ſon ſein pour ſe tranſmettre dans l'air : le lait, l'eſprit de vin, l'huile de raves, &c. ont la même propriété, & les exhalaiſons produites par les fleurs de bierre, ſont élaſtiques & ſonores.

20. Ariſtote ſe fondant ſur pluſieurs obſervations, penſe que les poiſſons qui nagent dans l'eau, peuvent diſtinguer le ſon. Pline, (Hiſt. Nat. Liv. 10, Chap. 70), aſſure qu'il y avoit certains poiſſons dans le vivier de Céſar qui venoient lorſqu'on les appelloit par leur nom; cependant on n'eſt pas aſſuré que tous les poiſſons entendent, comme on n'eſt pas non plus certain que tous y voient.

La force du ſon diminue, comme le quarré de la diſtance augmente; c'eſt-à-dire, qu'à une diſtance deux fois plus grande, la force du ſon eſt 4 fois plus petite; elle eſt 9 fois plus petite à une diſtance 3 fois plus grande, & ainſi de ſuite. Les

Phyſiciens rendent raiſon de ce phénomene, en diſant que le ſon ſe propage par des lignes, qui, partant du corps ſonore, vont en s'écartant comme celles qu'on peut concevoir dans un cone, ou comme les rayons d'une ſphere; de maniere qu'à une diſtance 3 fois plus grande, une ſurface aérienne 9 fois plus grande, n'a que le même mouvement qu'auroit une ſurface 9 fois plus petite à une diſtance comme 1; ce qui vient de ce que les baſes des cones croiſſent comme les quarrés des longueurs de ces cones, & les ſurfaces des ſpheres croiſſent auſſi comme les quarrés deleurs rayons.

Puiſque le ſon conſidéré par rapport au milieu qui le tranſmet, conſiſte en une eſpece de mouvement de vibration, & que l'air eſt un fluide très-élaſtique; il eſt évident qu'il peut être réfléchi de différens côtés par le corps qu'il rencontre, & revenir à l'endroit d'où il eſt parti. Si le ſon réfléchi peut ſe diſtinguer du ſon direct, on l'appelle *écho*.

21. Suppoſons un corps ſonore

placé en *t* (*fig.* 7), l'obſervateur étant en *p*, à peu de diſtance du corps ſonore ; cet obſervateur entendra dabord le ſon direct qui parviendra à ſon oreille, en ſuivant la ligne *t p* ; mais le ſon ſe propagera auſſi ſelon la direction *t m*, & rencontrant en *m* l'obſtacle *c d*, il ſe réfléchira ſelon la ligne *m p*, & paroîtra venir du point *n*, en ſuppoſant la ligne *m n* égale à la ligne *m t* ; de ſorte qu'il mettra autant de temps à parvenir en *p*, que s'il étoit parti du point *n*, & qu'il n'eût rencontré aucun obſtacle ſur ſon chemin. Si l'eſpace *n p* eſt aſſez grand, on pourra aiſément diſtinguer le ſon réfléchi du ſon direct, ce qui n'arrivera pas ſi cet eſpace eſt fort petit ; car alors le ſon direct ſe confondra avec le ſon réfléchi, & on n'entendra qu'un ſeul ſon. Si l'obſervateur eſt très-proche du corps ſonore, & que l'obſtacle s'en trouve éloigné d'environ 535 pieds, il y aura environ une ſeconde d'intervalle entre la perception du ſon direct, & celle du ſon réfléchi ; & par conſéquent tous les mots que

quelqu'un prononceroit pendant cet intervalle, feroient rendus par l'*écho* lorfque cette perfonne cefferoit de parler. Il y a des échos qui ne prononcent qu'une fyllabe, (on les appelle *monofyllabes*) ; ceux qu'on nomme *polifyllabes*, rendent plufieurs fyllabes, ce qui dépend de la diftance de l'obftacle qui réfléchit le fon relativement au corps fonore, & à l'obfervateur. Lorfque les muficiens jouent *preftiffimo*, ils exécutent ordinairement fur le violon 9 ou 10 fons dans une feconde ; & on ne fauroit diftinguer les fons s'ils fe fuccédoient avec plus de rapidité ; de forte qu'une oreille habituée à entendre la mufique, ne peut diftinguer l'écho du fon direct, que lorfque le fon réfléchi ne fuccede pas plus promptement au fon direct, que les fons fe fuivent dans un concert. *Merfenne* demande 69 pieds de diftance entre le corps fonore & l'obftacle, pour qu'on puiffe diftinguer un écho monofyllabe ; mais pour le même écho, *Morton* exige 90 pieds de Londres de diftance entre le corps fonore & l'obftacle : il

demande 105 pieds de diſtance pour un écho de deux ſyllabes : 160 pieds pour un de 3 ſyllabes : 182 pieds pour un de 4 ſyllabes : 204 pieds pour un de 5 ſyllabes : s'il y avoit des obſtacles diſpoſés à des diſtances différentes d'un homme qui parleroit, enſorte que les plus éloignés fuſſent plus hauts que les plus près, tous étant diſpoſés de maniere à réfléchir le ſon vers le même endroit, on entendroit alors différentes répétitions ſucceſſives de l'écho ; mais comme la voix paroît ordinairement plus foible & moins claire lorſqu'elle vient d'un endroit plus éloigné, la répétition qui viendroit de l'écho le plus voiſin, ſeroit claire ; les autres deviendroient baſſes de plus en plus ; enſorte que ſi dans cette ſuppoſition on prononçoit l'exclamation *ah*, les échos répéteroient cette ſyllabe, dont le ſon s'affoibliroit de plus en plus ; ce qui repréſenteroit aſſez bien les gémiſſemens d'un moribond. Mais ſi un obſtacle a une figure concave, propre à réfléchir un grand nombre de molécules d'air vers un même endroit, l'écho qui en réſultera

résultera, pourra être plus fort que celui qui doit son origine à un obstacle moins éloigné, dont la figure est différente. Les murs paralelles fort élevés, produisent des échos redoublés, comme il y en a eu autrefois dans le Château de Simonette, dont *Misson* & *Kirker* ont donné la description : il y avoit une fenêtre d'où celui qui parloit, entendoit 40 fois ses paroles. Celui de Wöstoc répete distinctement 17 syllabes pendant le jour, & 20 pendant la nuit; ce qui vient, sans doute, de ce que pendant la nuit le mouvement de frémissement des molécules de l'air est moins interrompu que pendant le jour, où l'air reçoit différens mouvemens qui se troublent l'un l'autre. Il paroît même que tous les sons que nous entendons, sont composés du son primitif produit par le corps ébranlé, & des sons secondaires produits par des corps environnans, ébranlés par les secousses élastiques du son primitif. Les murailles, les vieux remparts des villes, les édifices, les rochers, les montagnes, les cavernes, les hauteurs

ſituées de l'autre côté d'une riviere; les champs couverts de certaines plantes qui montent fort haut, les nuées mêmes peuvent réfléchir les ſons, & produire un écho. Delà viennent ces terribles coups de tonnerre, dont les éclats répétés retentiſſent avec tant de bruit : ſi on tire le canon lorſque le temps eſt ſerein, on n'entend ordinairement qu'un ſeul coup ; mais le coup ſe fait entendre pluſieurs fois lorſque le ciel eſt couvert de nuages. Dans le grand nombre des arbres qui ſe trouvent dans une forêt, il s'en trouve toujours un certain nombre diſpoſés les uns par rapport aux autres en figure concave, & propre à renvoyer le ſon du même côté. Il n'eſt donc pas ſurprenant que les forêts produiſent l'écho. Les rochers peuvent être diſpoſés de même, & de plus avoir des cavernes ; ce qui doit encore produire l'écho.

Les obſervations font voir qu'il y a des échos de mer comme des échos de terre. Des coups de fuſil tirés ſur des oiſeaux de mer, ont

été répétés par des grosses vagues placées sous le vent du vaisseau d'où partoit le coup. Des paroles fortement prononcées dans un porte-voix, ont été répétées très-distinctement par le côté convexe des voiles de plusieurs vaisseaux, qui passoient au vent du vaisseau d'où venoit la voix. Il faut du vent pour produire des échos en pleine mer ; car lorsque le vent ne souffle pas, la mer est calme ou peu agitée, & les voiles des vaisseaux n'étant pas enflées, ne peuvent réfléchir le son, ni par conséquent occasionner des échos marins. Voyons maintenant en peu de mots comment le son se transmet jusqu'à l'organe de l'ouie.

22. L'oreille extérieure qui a la forme d'une espece d'entonnoir ou de pavillon, formé par un cartilage élastique, est terminée par la conque qui forme l'embouchure du conduit auditif, qui est terminé intérieurement par la membrane du tympan, composée de plusieurs lames, & dans laquelle on n'a pu jusqu'ici découvrir aucun trou naturel, de maniere que le passage de

la fumée par cette voie eſt une fable. On trouve derriere cette membrane une cavité, dans laquelle s'ouvre un canal qu'on appelle la *trompe d'Euſtache*, (qui ſe termine par une ouverture ovale derriere les narines, dans la cavité du goſier), par le même moyen duquel la caiſſe du tambour communique avec l'air de la bouche. L'Auteur de la nature a placé quatre oſſelets dans cette cavité, ſavoir, le *marteau*, *l'enclume*, *l'étrier*, & *l'os orbiculaire* : le marteau adhere à la membrane du tympan par ſon manche, ſa tête repoſe ſur l'enclume, dont la longue branche reçoit le quatrieme oſſelet placé ſur l'étrier, auquel il communique les ſecouſſes qu'il a reçues. La baſe de l'étrier s'adapte exactement ſur un trou conforme à ſa figure, & qu'on appelle la *fenêtre ovale*, derriere laquelle ſe trouve une autre cavité qu'on appelle *labyrinthe*, ou oreille interne. A cette cavité répond la fenêtre ovale dont nous venons de parler, auſſi-bien que la *fenêtre ronde*, fermée par une membrane mince, qui empêche que l'air ne paſſe de la

cavité du tympan dans le labyrinthe. Le milieu de cette derniere cavité, creusée dans cet os dur, que les Anatomistes appellent l'*os pétreux*, prend le nom de *vestibule*. On trouve dans cette cavité trois canaux demi-circulaires, qui s'ouvrent dans le vestibule par cinq orifices, avec un noyau osseux qu'on appelle le *limaçon* : ce limaçon forme deux spires & demi, & va toujours en diminuant; mais son canal spiral est partagé en deux loges, par une cloison spirale qui se prolonge dans la cavité du canal. La portion molle du nerf auditif entre dans l'os pierreux, se distribue en partie au vestibule, aux canaux semi-circulaires, & en partie au limaçon dont un des orifices s'ouvre dans le vestibule, & l'autre dans la fenêtre ronde. Mais la partie dure du nerf acoustique, se rend par différens rameaux à la membrane du tympan, à l'oreille externe, & aux parties voisines (1).

---

(1) On nous permettra de faire une description plus étendue en faveur de ceux qui aiment l'anatomie. L'oreille externe *a b c*

Le son excité dans l'air, va frapper dabord l'oreille externe & la conque, d'où il passe dans le conduit auditif pour ébranler la mem-

---

(*fig.* 8) est élastique & a une figure propre à ramasser le son, le réfléchir, & le conduire dans le canal auditif *c d*, en partie osseux, en partie cartilagineux & terminé par la membrane *d* du tambour, qui n'est elle-même percée d'aucun trou. C'est sur cette membrane que repose le manche 4 d'un osselet qu'on nomme le *marteau* & qui lui est adhérent. Le marteau s'articule avec un autre osselet *e* appellé l'*enclume*, & l'enclume avec un autre osselet 1 orbiculaire ou lenticulaire, qui est lui-même articulé avec un osselet 2 qu'on appelle l'*étrier*. Le célebre *Albin* a décrit ces quatres osselets, (qu'il n'est pas aisé de bien représenter dans une petite figure), avec beaucoup d'exactitude. Le marteau a trois muscles qui servent à tendre & à relâcher la membrane du tambour : derriere cette membrane est placée une cavité considérable de figure ovale quoiqu'irréguliere. Dans cette cavité s'ouvre la trompe d'Eustache dont la partie qui répond à la bouche est la plus large; ensorte que l'air peut passer de la bouche & des narines dans la caisse du tambour; & lorsque la trompe d'Eustache est obstruée, il en résulte une espece de surdité. Si quelqu'un met dans la bouche un tube à l'autre extrêmité duquel un autre homme parle à voix basse, celui qui tient l'extrêmité du

brane du tympan. Cette membrane met en mouvement l'air de la cavité du tambour, dont le frémissement se communique, par le moyen des

---

canal dans la bouche, entendra distinctement le son, quoiqu'une personne intermédiaire placée auprès du canal ne puisse rien entendre. A cette même cavité, mais en allant du côté du cervau, répond *la fenêtre ronde* & *la fenêtre ovale*, qui sont toutes les deux fermées par une membrane ; de maniere que la base de l'*étrier* repose sur celle de la fenêtre ovale.

On rencontre d'abord dans le labyrinthe le vestibule formé par une cavité irréguliere, creusée dans cet os que les Anatomistes appellent *os pierreux*. Dans cette cavité s'ouvrent les cinq orifices des trois canaux semi-circulaires *K*, *i*, *h* creusés intérieurement, de même que l'orifice du limaçon *t*, qui est un conduit fait comme une vis qui auroit deux spires & demi, terminé par une pointe. Ce conduit est partagé par une cloison très-mince *NM* (*fig.* 9), en deux autres canaux dont l'un répond à la fenêtre ronde qui est à l'opposite du centre de la membrane du tambour, & l'autre s'ouvre dans le vestibule. Cette espece de corde qui passe sur la membrane du tambour, est un rameau de nerfs qui doit son origine à la cinquieme paire.

Le nerf auditif est composé de deux parties, dont l'une se nomme *portion dure*, &

fenêtres ronde & ovale, à l'air contenu dans l'oreille interne, lequel met en mouvement les fibres nerveuses qui tapissent les surfaces in-

---

l'autre, *portion molle*. Ces deux portions vont du cerveau dans l'os pétreux en passant par un trou creusé dans cet os. La portion molle *o* (*fig.* 8) se partage en cinq branches qui passent par le moyen de cinq trous, qu'on remarque dans le voisinage de *t*, dans le vestibule *g*, où elles forment une membrane qui tapisse la *surface interne* du vestibule & des trois conduits semi-circulaires *K*, *i*, *h*. Ce nerf passe ensuite entre deux membranes de la cloison *N M*, pénetre dans le limaçon où il se développe. Mais la portion dure du nerf auditif pénetre dans le trou qu'on appelle *l'aqueduc de Fallope*, se divise en plusieurs rameaux qui se jettent dans le muscle de l'étrier, la membrane du tympan, &c.

A l'égard de l'air contenu dans le l'abyrinthe, on peut penser qu'il y est apporté par les humeurs qui se déchargent dans cette cavité sous la forme de vapeurs; ou bien peut-être y parvient-il par quelque chemin étroit qu'on n'a pas pu encore découvrir. On dit aussi qu'une femme de Boulogne très-habile dans l'anatomie, a découvert une communication entre l'une & l'autre fenêtre & le limaçon par le moyen de deux muscles qui vont des fenêtres au nerf acoustique.

L'air extérieur mis en mouvement par un corps sonore, va frapper l'oreille *a c b*

ternes du vestibule, de trois canaux demi-circulaires, & celles des cavités du limaçon, & de la lame spirale. Delà le mouvement est transmis

---

(*fig.* 8), enfile le conduit auditif *c d*, ébranle la membrane du tambour *d*. Le trémoussement de cette membrane se communique à l'air contenu dans la cavité de la caisse; cet air forme des oscillations sonores dont le mouvement augmente le son qui à pénétré dans la même cavité par les narines, la bouche & la trompe d'Eustache. Le mouvement de vibration de l'air de la caisse du tambour se communique à la membrane de la fenêtre ronde, dont les oscillations mettent en mouvement l'air d'une des cavités du limaçon, & cet air à son tour, ébranle le nerf de la zone du limaçon *t*. Ce mouvement est transmis par le moyen des nerfs qui sont suceptibles des mêmes vibrations harmoniques, jusqu'au *sensorium commune*, dont l'ébranlement occasionne à l'ame la sensation du son. Peut-être dans ce premier moment l'ame n'entend pas bien distinctement; mais prêtant alors une certaine attention, en vertu des loix de l'union de l'ame avec le corps, la membrane du tambour se relâche ou se bande par le moyen des muscles du marteau. D'autre côté, la membrane de la fenêtre ovale se trouve aussi tendue à l'aide du muscle de l'étrier; ce qui fait qu'elle peut être ébranlée en même temps que la membrane du tambour

par le moyen du nerf acoustique, jusqu'au *sensorium commune*, & l'ame apperçoit le son. Il paroît que les filamens nerveux qui tapissent la lame spirale du limaçon, dont la largeur va toujours en diminuant jusqu'au sommet, sont comme autant de petites cordes, dont la longueur va en décroissant depuis la base jusqu'à l'extrêmité ; les plus longues tremblent harmoniquement lorsque nous entendons un son grave, & les plus courtes lorsque le son est plus aigu. Cependant les oiseaux & les poissons entendent parfaite-

---

& les osselets de l'ouie ; elle trémousse avec plus de force, qu'elle n'auroit pu le faire par le moyen de l'air seul de la caisse. Le mouvement de cette membrane se communique à l'air du labyrinthe, qui agit sur les nerfs qui tapissent la surface interne des canaux semi-circulaires, & sur ceux qui sont tendus sur la zone du limaçon. Ainsi tout l'air contenu dans les deux cavités du limaçon étant ébranlé, l'impression sur les nerfs sera très-vive.

Tous les animeaux n'ont pas des oreilles externes. La Salamandre & la Raye ont des canaux semi-circulaires ; mais le Vipere, la Couleuvre & les autres Serpents en manquent.

ment, quoiqu'ils n'aient pas de limaçon; mais il y a apparence que quelqu'autre partie en fait l'office. Dirons-nous que les canaux demi-circulaires sont nécessaires pour la perception du son? Mais on sait qu'ils manquent dans l'éléphant. Quoi qu'il en soit, il est certain que le tremblement sonore & élastique se communique au nerf auditif, par la trompe, par les dents, & par tous les os du crane. La distinction des sons dépend sans doute de la vîtesse des ébranlemens des fibres du nerf acoustique, suivant qu'ils se succedent plus ou moins promptement dans un temps déterminé. Mais pourquoi les sons trop aigus sont-ils insupportables? Il paroît qu'ils tendent les nerfs de la lame spirale si fort, qu'ils peuvent les rompre, comme il arrive dans un verre, que le son trop aigu casse, & dans les isles Canaries, où les sons trop aigus rendent sourd, ainsi que l'assure le fameux Haller.

La surdité dans la vieillesse peut venir de la membrane du limaçon, devenue trop solide pour être ébranlée, ou bien ossifiée. Cette surdité

eſt incurable. Si la ſurdité vient de ce que le canal extérieur eſt fermé, on peut alors, en ſeringuant, ou par le moyen d'un inſtrument, dégager le canal, & remédier, du moins en partie, à la maladie. On connoîtra que la ſurdité vient de cette derniere cauſe, en mettant une montre à répétition dans la bouche, & la faiſant ſonner; on entendra dans le dernier cas, mais non dans le premier. Les oſſelets ſont ſortis par morceaux après des ſuppurations, ſans que la perſonne ait ceſſé d'entendre. Le tympan étant détruit, on peut auſſi entendre, comme l'expérience l'apprend.

Un coup de marteau ſur un timbre élaſtique, produiſant des vibrations qui cauſent le ſon, chaque vibration devroit exciter la ſenſation d'un ſon, & un ſeul coup de marteau devroit occaſionner pluſieurs ſenſations. Mais par l'habitude nous jugeons qu'un ſeul coup ne produit qu'un ſeul ſon; ainſi c'eſt l'habitude qui nous empêche de juger de la multiplication des ſons. M. de Buffon étant à demi-endormi,

ſa pendule ſonna, & il compta 5 heures, il entendit 5 coups de marteau ſur le timbre. Mais s'étant levé, il vit qu'il n'étoit qu'une heure, & la ſonnerie n'étant pas dérangée, il eſt viſible qu'il n'y avoit eu réellement qu'un ſeul coup. Ce Savant ſe trouvoit dans le cas d'un homme qui entendroit pour la premiere fois, & qui ne manqueroit pas d'appercevoir pluſieurs ſons là où nous n'en appercevons qu'un ſeul.

SECTION V.

L'OPTIQUE.

1. L'*Optique* en général eſt une ſcience fondée ſur l'expérience & les mathématiques, qui traite de la lumiere, conſidérée en elle-même, & relativement à la viſion. On appelle *catoptrique* la ſcience qui traite de la lumiere réfléchie ; mais la *dioptrique* s'occupe de la lumiere réfractée ; au lieu que l'optique proprement dite, a pour objet la lu-

miere directe, qui vient d'un objet visible jusqu'à l'œil, sans éprouver ni réflexion ni réfraction. Mais sans nous embarrasser de toutes ces distinctions, nous regarderons l'optique comme la science de la lumiere, soit directe, soit réfléchie, soit réfractée.

CHAPITRE PREMIER.

De la Nature de la Lumiere.

2. L'EXPÉRIENCE apprend que la lumiere se réfléchit comme les corps parfaitement élastiques, en faisant l'angle de réflexion égal à celui d'incidence. Mais si un rayon de lumiere sa (*fig.* 10) passe de l'air dans le verre, au lieu de suivre la direction st, il prendra le chemin am. Si du point a comme centre avec le rayon af, on décrit un arc de cercle fmt, & que des points m & t on abaisse les perpendiculaires mn, tr, sur la ligne hf, qui est elle-même perpendiculaire à la surface réfringente bd,

on trouvera que ces lignes ſont toujours dans un même rapport, de maniere que ſi la lumiere paſſe de l'air dans le verre, la ligne *t r* ſera à la ligne *m n* à peu près comme 3 à 2; mais ſi la lumiere paſſe de l'air dans l'eau, ce rapport ſera comme 4 à 3. Il eſt viſible que la ligne *t r* eſt le ſinus de l'angle *t a f* que fait le rayon incident avec la perpendiculaire *h f*, & que la ligne *m n* eſt le ſinus de l'angle de réfraction formé par le rayon réfracté *m a* & la même perpendiculaire; c'eſt pourquoi les Phyſiciens diſent que *quand la lumiere paſſe de l'air dans l'eau ou dans le verre, le ſinus de l'angle d'incidence & de réfraction ſont toujours dans un rapport conſtant.* Si la lumiere paſſe du verre dans l'air, le ſinus d'incidence ſera à celui de réfraction, comme 2 à 3; il ſera comme 3 à 4, ſi la lumiere paſſe de l'eau dans l'air. Si la lumiere paſſe de l'eau dans l'air, de maniere que l'angle d'incidence ſoit d'environ 50 degrés, elle ne pénétrera pas dans l'air, mais de la ſurface de l'air il ſe réfléchira & rentrera dans l'eau; un rayon de lumiere

rentrera auſſi dans le verre, au lieu de pénétrer l'air, ſi l'angle d'incidence eſt de plus de 48 degrés 30 minutes, parce que le ſinus de l'angle de réfraction étant à celui d'incidence comme 3 à 2, ce ſinus ſeroit alors plus grand que le *ſinus total* ou le *rayon*, ce qui eſt impoſſible. Mais ſi l'angle d'incidence eſt préciſément de 48 degrés 30 minutes; comme le rayon vaut 1 fois & demie ce ſinus, le ſinus de l'angle de réfraction ſera égal au ſinus total; c'eſt pourquoi le rayon réfracté raſera la ſurface du verre *b d*, en faiſant un angle droit avec une ligne perpendiculaire à cette ſurface.

Il eſt aiſé, dans notre théorie, d'expliquer pourquoi un rayon de lumiere *ſa* qui paſſe de l'air dans l'eau ou dans le verre *b p q d*, abandonne le chemin *ſt* pour ſuivre la ligne *am*; car ſi le mouvement d'un globule *ſ* eſt exprimé par la ligne *ſ a*, diagonale du rectangle *x ſ u a*, on pourra facilement décompoſer ce mouvement en deux autres, l'un perpendiculaire à la ſurface *b d*, & l'autre parallele à la même ſurface. La force

perpendiculaire *ſu* ſera augmentée par la force attractive du milieu *b p q d* qui agit ſur le globule lorſqu'il ſe trouve auprès de la ſurface *b d*, tandis que la force parallele n'eſt nullement augmentée : ainſi le globule *ſ* étant arrivé en *a*, abandonnera la ligne *ſt* & s'approchera de la perpendiculaire *a f*, en ſuivant la direction *a m*. Mais ſi ce même rayon rebrouſſoit ſon chemin en ſuivant la direction *m a*, lorſqu'il ſeroit arrivé auprès de *a*, la force attractive du milieu *b p q d* étant plus grande que celle de l'air, pouſſeroit ce rayon vers la ſurface *b d*, & lui feroit ſuivre la direction *a ſ*.

3. Les objets ne deviennent viſibles que par le moyen d'un fluide ſubtil qu'ils envoient ou qu'ils réfléchiſſent vers nos yeux. Ce fluide forme des lignes droites que nous appellons des *rayons de lumiere*, qui vont en s'écartant les uns des autres comme les rayons d'une ſphere, à proportion qu'ils s'éloignent du point réfléchiſſant, ou de l'objet lucide. Il eſt certain que la lumiere ne parvient pas de l'objet lucide juſqu'à nous dans un inſtant indiviſible. On ſait en effet

que la terre *t* (*fig.* 11) tourne autour du ſoleil *ſ* avec Jupiter *m* dont l'obite renferme celle de notre globe. Le premier ſatellite *p* de Jupiter tourne autour de ſa planete dans l'eſpace d'environ 42 heures ; de maniere que nous le perdons de vue, lorſqu'il ſe trouve derriere Jupiter par rapport à nous : c'eſt ce qu'on appelle une *éclipſe*. Les Aſtronomes ont remarqué que l'éclipſe arrive plus tard d'environ un quart d'heure, lorſque la terre ſe trouve en *t*, que lorſqu'elle eſt ſituée en *n*. Mais dans le premier cas le ſoleil étant placé entre Jupiter & la terre, la lumiere qui vient du ſatellite juſqu'à nous, doit parcourir le diametre de l'orbite terreſtre ; au lieu que la terre étant en *n* entre le ſoleil & Jupiter, la lumiere n'eſt obligée de parcourir que la diſtance *m n* qu'il y a entre Jupiter & la terre. C'eſt pourquoi dans le premier cas, la lumiere parcourt la ligne *n t* de plus que dans le ſecond ; & cette ligne étant d'environ ſoixante-huit millions de lieues, la lumiere met environ un quart d'heure à parcourir cet eſpace ; & par conſéquent elle

emploie un demi-quart d'heure à parcourir la distance *ſ t* du soleil à la terre, ou trente-quatre millions de lieues. C'est la raison pour laquelle une éclipse du satellite *p* qui seroit apperçue aujourd'hui à 10 heures du soir, si la terre étoit en *n*, ne laissera qu'environ à 10 heures & un quart la terre étant en *t* (1).

Descartes prétend que le soleil est un amas de matiere subtile, dont l'agitation communique un mouvement en ligne droite aux globules du second élément parfaitement durs,

---

(1) Cassini & Maraldi douterent longtemps de la vérité que nous venons d'établir; parce qu'il y a beaucoup d'inégalités dans les satellites, (dont il faut tenir compte quand on veut calculer leurs éclipses avec exactitude), qui avoient été négligées dans les Tables de Cassini. Quelquefois ces inégalités se détruisent mutuellement, le plus souvent, elles produisent une erreur. Mais si l'on a égard à la propagation de la lumiere, aux inégalités du mouvement que les attractions des satellites de Jupiter & du Soleil, peuvent produire dans les vîtesses, & à la figure des orbites de ces mêmes satellites, on trouvera un accord admirable entre l'observation & la théorie.

qui rempliſſent les eſpaces céleſtes & qui ſe touchent immédiatement les uns les autres. Dans cette hypotheſe les lignes de ces globules ſeroient comme des verges de fer, dont une extrêmité ne peut avancer d'un côté, ſans que l'autre ne parcoure un égal eſpace,& la propagation de la lumiere ſeroit *inſtantanée* & non pas *ſucceſſive*. Pour ſe tirer de cet embarras les ſucceſſeurs de Deſcartes ont imaginé que les globules lumineux étoient élaſtiques ; & Moliere à ſubſtitué à ces globules des petits tourbillons du ſecond élément ; mais il admet le plein parfait comme Deſcartes, ne faiſant pas réflexion que des globules ou même des petits tourbillons élaſtiques ne pourroient être comprimés ni ſe dilater vers les côtés, à moins qu'on n'admette du vuide ; enſorte que dans cette opinion comme dans celle de Deſcartes, la propagation de la lumiere ſeroit inſtantanée & non ſucceſſive.

4. Seguy penſe que les eſpaces céleſtes ſont remplis de fluide igné, & que la lumiere conſiſte dans un mouvement de vibration que le ſoleil

lui communique. Le célebre Euler ſoutient qu'une matiere élaſtique, très-rare & très-poreuſe eſt répandue dans les eſpaces céleſtes depuis les étoiles & le ſoleil juſqu'à nous, & que la lumiere conſiſte dans les impulſions ou vibrations que les corps lucides communiquent à cette matiere. Il n'explique pas d'une maniere ſatisfaiſante, pourquoi la lumiere paſſant de l'air dans le verre, ſe réfracte en s'approchant de la perpendiculaire, tandis qu'une pierre ſe réfracte en s'en éloignant. Il ſoutient auſſi que les vibrations de l'*æther*, (qu'il nous donne comme une matiere fort élaſque, ſans s'embarraſſer de nous développer la cauſe de cette élaſticité), ſe tranſmettant avec beaucoup plus de facilité dans l'air que dans le verre ou dans l'eau, de maniere que la vîteſſe de la lumiere diminue dans les milieux plus denſes. Pourquoi donc la lumiere paſſant de l'eau dans l'air, ſous un angle d'incidence de 50 degrés, eſt-elle réfléchie de la ſurface de l'air & rentre dans l'eau? (1)

(1) Il y a encore d'autres phénomenes tels

D'autre côté, dans l'hypothese de Seguy & d'Euler, la lumiere devroit se propager comme le son en toute sorte de sens; car toute pression produite dans un fluide, doit se transmettre en toute sorte de sens. C'est la raison pour laquelle le son qui passe à travers un trou de la porte d'une chambre fermée, est entendu de tous les angles de la chambre, comme si le corps sonore étoit placé à ce trou. Les ondes qu'on excite dans l'eau se transmettent au-delà des obstacles, comme les vibrations que le son produit dans l'air; la même chose arriveroit aux ondes lumineuses qui se transmettroient jusqu'à nous, lorsque le soleil est sous l'horizon, & nous jouirions d'un jour éternel. Lorsqu'on introduit un rayon de lumiere dans une chambre un peu

que les *accès de facile réflexion* & de *facile transmission*, dont nous traiterons dans la suite, que cet Auteur célebre s'est dispensé prudemment d'examiner, abandonnant tout ce que son systême ne pouvoit présenter heureusement..... *Et quæ desperat, tractata nitescere posse, relinquit.*

Horat. Art Poët.

obſcure par le moyen d'un trou fait au volet d'une fenêtre, & qu'on ſe place de côté, on apperçoit ce rayon; parce que les particules lumineuſes ſont réfléchies en différens ſens par l'air & les corpuſcules qui voltigent dans ce fluide; c'eſt la raiſon pour laquelle ſi on fait paſſer un rayon de lumiere à travers un tube de verre dont on a pompé l'air, celui qui reſte ne réfléchit qu'une très-petite quantité de lumiere.

5. La plus petite étincelle de lumiere produite dans l'athmoſphere, peut être vue de tous les points de ſa ſurface. Si on place un corps opaque entre l'œil & l'étincelle, elle diſparoît; ce qui démontre qu'on la voit par des eſpeces de rayons conduits en ligne droite de l'étincelle juſqu'à l'œil: la ténuité de ces rayons eſt étonnante; car ſi on fait un trou à une carte avec une épingle, un obſervateur couché ſur le dos, pourra, en regardant au travers de ce trou, diſtinguer tous les objets qui rempliſſent l'hémiſphere céleſte. Mais pour voir tant d'objets différens, il eſt néceſſaire que la multitude preſ-

que immenſe des rayons qui partent des objets lumineux ou qui ſont réfléchis par les corps opaques, paſſent ſans ſe confondre par le trou de la carte dont nous venons de parler. La lumiere ſe fait jour au travers des verres, des diamans, des cryſtaux, dont les pores ſont ſi petits qu'on ne ſauroit les appercevoir à l'aide des meilleurs microſcopes, quoique ces inſtrumens nous faſſent voir diſtinctement des objets qui ne ſont pas plus gros que la millionnieme partie d'un grain de ſable. Mais les globules de la lumiere ſont encore bien plus petits que ces pores.

Un rayon ſolaire introduit dans une chambre obſcure par un trou rond percé au volet d'une fenêtre, ſe propage en ligne droite, & va peindre ſur le mur oppoſé une image circulaire du ſoleil; mais cette image ne s'étend point latéralement & circulairement comme feroient des ondes: par conſéquent la lumiere ne ſe meut point comme le ſon dans l'air ni comme les ondes dans l'eau, ainſi que le prétendoit Huygens, & que pluſieurs grands Phyſiciens l'ont penſé

après

après lui : l'ombre que jettent les corps qui ſont éclairés, prouve encore que la lumiere ſe meut directement : néanmoins celui qui conſidere de côté un faiſceau de rayons dirigés ſelon la longueur d'une ſalle, en remarque pluſieurs qui s'échappent de côté. Mais cet effet vient de ce que pluſieurs de ces rayons rencontrent, comme nous l'avons dit ci-deſſus, des petites pouſſieres qui voltigent dans l'air, & qui les réfléchiſſent en différens ſens. Les rayons de lumiere qui partent des étoiles fixes, conſervent ſur notre globe une lumiere très-vive, malgré l'eſpace preſque immenſe qu'ils ont parcouru : ce qu'on ne peut concevoir, à moins que les eſpaces céleſtes que ces rayons traverſent, ne ſoient un vuide parfait ou preſque parfait, deſtitué de tout corps qui pourroit abſorber la lumiere. La lumiere que produiſent les bouches à feu dans leur exploſion, conſerve tout ſon éclat à la diſtance de 28500 toiſes, ainſi que l'a obſervé M. Caſſini.

La lumiere ſe propage en forme de cone ; ſa denſité & ſa force décroît

comme le quarré de la distance augmente. Si on renferme une chandelle allumée dans une boîte exactement fermée, mais percée latéralement d'un petit trou par lequel sort directement un rayon de lumiere pour se répandre dans une chambre obscure pendant la nuit; si on place à une distance convenable un livre ouvert de façon qu'on puisse à peine le lire, & que les feuillets soient paralleles au côté de la boîte dans lequel on a pratiqué l'orifice, qu'on le porte ensuite à une distance double de la chandelle, on ne pourra plus le lire, & l'espace éclairé sera quatre fois plus grand. Ainsi si on conçoit cet espace divisé en quatre parties égales; chacune de ces parties ne recevra tout au plus que le quart des rayons que recevoit le premier espace; c'est pourquoi elle sera quatre fois moins éclairée que le premier espace, & par conséquent la vivacité de la lumiere dans ce dernier espace sera quatre fois moindre que dans le premier, mais 4 est le quarré de 2; donc lorsque la distance devient double, la densité de la lumiere devient

quatre fois plus petite. Si on éloigne le livre à une distance trois fois plus grande, en tenant toujours les feuillets dans une situation parallele au côté de la boîte par lequel la lumiere sort, on observera que l'espace éclairé sera 9 fois plus grand, mais aussi la vivacité de la lumiere sur cet espace sera 9 fois moindre. Or 9 est le quarré de 3; ainsi lorsque la distance devient triple, la force de la lumiere devient 9 fois plus petite; c'est-à-dire, qu'en général la force de la lumiere décroît comme le quarré de la distance augmente, ou ce qui revient au même, *la force de la lumiere est toujours en raison inverse du quarré des distances*: ce qu'on peut prouver aussi par une autre expérience. En effet, tenez à la main pendant la nuit une chandelle allumée, ayant soin de placer un livre ouvert à une distance convenable de cette lumiere pour que vous puissiez à peine le lire & distinguer les lettres. Si ensuite vous les portez à une distance double, & que vous allumiez alors 4 chandelles égales à la premiere, vous lirez à cette distance avec la même facilité

que vous lisiez à la premiere. Ce que vous ne pourrez pas faire, si au lieu d'allumer 4 chandelles, vous n'en allumez que 3.

6. Newton pense avec raison que la lumiere vient du sein du soleil & des étoiles fixes; car les espaces célestes n'étant qu'un vuide parfait ou presque parfait, ne contiennent aucune matiere, dont l'agitation puisse nous faire appercevoir les différens corps lumineux qui y sont répandus. On ne doit pas craindre que le soleil s'épuise par l'émission d'une si grande quantité de lumiere; parce que ses globules sont d'une si grande petitesse, que si l'on pouvoit ramasser tous ceux qui sont sortis de cet astre depuis la création, on ne pourroit peut-être pas en former une masse d'une once. Ajoutez à cela que les cometes qui, (selon plusieurs Physiciens), doivent tomber de temps en temps dans le soleil, peuvent fournir à cet astre une matiere combustible, capable de réparer la perte continuelle qu'il fait. Dans le systême Cartésien, le soleil, en communiquant continuel-

lement un mouvement de vibration à la matiere de la lumiere, devroit s'éteindre presque tout à coup, d'autant plus que dans cette opinion, rien ne peut rendre au soleil le mouvement qu'il devroit perdre à chaque instant. Si les corps qui brûlent se dissipent & se consument, ce n'est pas à la lumiere qui se dissipe qu'il faut attribuer ce phénomene, mais plutôt aux particules grossieres de la fumée qui se volatilisent.

7. La grande effervescence qu'il y a dans les corps qui brûlent, écarte les particules de la lumiere, les fait passer dans des grands arcs répulsifs; & parce que les molécules lucides ne parviennent à ces arcs que successivement, le corps enflammé ne se dissipe pas tout à coup, mais il donne de la lumiere pendant un temps plus ou moins considérable. La vîtesse de la lumiere dépend de la nature de l'arc répulsif, qui produit son émission. Mais parce que la lumiere contient sept especes de globules différens, savoir, les *rouges*, les *jaunes*, les *orangés*, les *verds*,

les *bleus*, les *indigo* & les *violets*, dont le mêlange, ainſi que nous le verrons dans la ſuite, donne la couleur blanche, rien n'empêche de ſuppoſer que les forces répulſives qui produiſent l'émiſſion de la lumiere, agiſſent un peu différemment ſur des molécules différentes, en leur communiquant une vîteſſe un peu différente, quoique nous ne puiſſions pas nous appercevoir de cette différence. Mais s'il s'agit des rayons d'une même eſpece, la vîteſſe doit être à très-peu près la même, parce que l'arc répulſif qui la produit eſt le même. Si la fermentation du corps lucide vient à varier, la quantité de lumiere qui en ſortira ne ſera pas toujours la même; & c'eſt peut-être la raiſon pour laquelle la grandeur apparente de certaines étoiles fixes augmente & diminue, ainſi que l'ont remarqué les Aſtronomes (1).

(1) M. Newton prétend que les points de matiere s'attirent dans les petits intervalles; mais que les diſtances venant à être un peu augmentées, la répulſion qui

8. Lorſque les globules lumineux traverſent un milieu, comme l'air ou l'eau, par exemple, les parties de ce milieu agiſſent par leurs forces attractives & répulſives, ſur différentes parties de ces corpuſcules, dérangent leur mouvement rectiligne, & leur font décrire une eſpece de courbe qui va en ſerpentant; mais comme ces ſerpentemens ſont très-petits, la lumiere nous paroît décrire une ligne droite.

9. La lumiere n'eſt pas homogene, chaque rayon blanc étant compoſé de ſept autres rayons qui n'ont pas la même réfrangibilité. Introduiſez un rayon de lumiere dans une chambre obſcure, par le moyen d'un trou rond de la groſſeur d'une plume à écrire, fait au volet d'une

---

produit l'émiſſion de la lumiere, ſuccede à l'attraction. Il eſt bien difficile d'expliquer dans ce ſyſtême l'origine & la cauſe des vibrations. Car ſi les points ſe trouvent dans les diſtances où l'attraction a lieu, ils s'approcheront pour former une maſſe ſolide. Si au contraire ils ſe trouvent dans des diſtances de répulſion, ils ſe diſſiperont, & il n'y aura point de vibrations dans la matiere lucide.

fenêtre (*fig.* 12) ; si vous recevez ce rayon sur un carton paralelle au volet de la fenêtre, il peindra un cercle blanc. Prenez ensuite un prisme triangulaire de verre, dont on voit la coupe transversale en *D E P*, placez ce prisme de maniere que le rayon solaire rencontre obliquement la face *D E* : ce rayon, après avoir traversé le prisme, ira peindre sur un papier *M N* (ou sur la muraille opposée), placé à la distance d'environ 16 pieds, une image *M N*, environ cinq fois plus longue, mais de la même largeur que s'il n'y avoit point de prisme. Cette image sera terminée supérieurement & inférieurement par deux demi-circonférences de cercle, & latéralement par deux lignes droites. Le spectre *M N* représente sept couleurs différentes, de maniere que le rayon *rouge* occupe l'extrêmité inférieure *N*; viennent ensuite par ordre, *l'orangé*, *le jaune*, *le verd*, *le bleu*, *l'indigo* ou *le pourpre*, & *le violet*. Cette expérience démontre évidemment qu'un rayon blanc de lumiere est composé de

ſept rayons différens, dont le rouge qui s'écarte le moins de la direction *E I*, eſt le moins réfrangible, tandis que le violet, qui parvient en *M*, fait le plus grand angle de réfraction, & s'écarte le plus de la ligne droite, qu'il auroit ſuivie ſans l'interpoſition du priſme. L'intervalle qu'occupe le rouge dans le ſpectre, contient toutes les nuances du rouge; on trouve auſſi toutes les nuances du jaune dans l'intervalle jaune, &c.

Mariotte & Rizzeti prétendent avoir obſervé que les couleurs dont nous venons de parler ne ſont pas immuables, & qu'on peut les changer par une ſeconde réfraction. Mais Mariotte, habile d'ailleurs, a manqué de dextérité ou d'attention en faiſant ces expériences, ou bien il s'eſt ſervi de priſmes imparfaits, parſemés de bulles & de ſillons. En effet, les expériences de Newton ont été répétées avec grand ſoin par les Académies de Londres, de Paris, en Hollande, en Italie, en Allemagne, & toujours avec le même ſuccès. C'eſt donc ſans raiſon qu'elles

ſont rejettées comme fauſſes, par un ou deux Particuliers, qui ont pu ſe tromper facilement, faute de bons inſtrumens, ou par quelque circonſtance qui les a empêché de réuſſir. Au reſte, quand nous diſons qu'un rayon blanc de lumiere contient ſept filets différens ; l'un rouge, l'autre jaune, l'autre orangé, &c. nous prétendons ſeulement que le filet rouge, par exemple, a la propriété de faire une certaine impreſſion ſur l'organe de la vue & ſur les nerfs, à laquelle l'Auteur de la nature a attaché la ſenſation du rouge, tandis qu'il a attaché la ſenſation du violet à l'impreſſion que produit le filet, que nous nommons *rayon violet*, &c.

On peut remarquer que, quoique le ſpectre *M N* paroiſſe terminé latéralement par des lignes droites, il eſt néanmoins compoſé de différens cercles des ſept couleurs, dont nous venons de parler, qui ſont tellement mêlés entr'eux, & en ſi grand nombre, que les extrêmités de leurs circonférences paroiſſent ſe toucher, & former des lignes droites.

Le prisme ne fait autre chose que séparer des rayons, qui par leur mélange formoient la couleur blanche. En effet, si l'on fait un trou à un carton ou à un papier qui reçoit le spectre *M N*, pour laisser passer le faisceau rouge, afin de le faire tomber sur un autre prisme, il restera toujours rouge, quelque nombre de réflexions ou de réfractions qu'il souffre; seulement il s'affoiblira, parce que plusieurs de ses globules seront dissipés par les réflexions, ou absorbés dans les réfractions. Ce que l'on vient de dire du rayon rouge, doit s'entendre également de l'orangé, du jaune, &c.

Si l'on tourne le prisme *D E P* d'une certaine maniere, on pourra faire paroître sur le carton *K L* le seul rayon violet, qui est le plus réfrangible de tous; & en continuant de tourner, les autres se placeront successivement sur le même carton *K L*, & l'on pourra même, en continuant de tourner, faire monter le rayon rouge jusques en *t*, où il passera par un trou convenable d'environ 3 lignes de diametre. Si alors

on le reçoit sur un prisme $e\,d\,p$, il ira peindre sur un autre carton $m\,n$, une image rouge i. Et quelque nombre de prismes qu'il traverse ; & de quelque couleur que soient ces prismes, verds, bleus, &c. sa couleur restera inaltérable (1). Ces expériences prou-

(1) La lumiere réfléchie de dessus les objets, se réfracte & se décompose en passant par le prisme : c'est la raison pour laquelle les corps placés à une certaine distance, paroissent bordés de couleurs vives, & quelquefois comme chamarrés en différens endroits de leur surface. Si l'objet est grand & assez près, les couleurs ne paroissent qu'aux bords ; s'il est vû à la distance d'environ 12 pieds, il paroît coloré dans toute sa surface. On se rendra raison de ces phénomenes, si l'on fait attention que lorsque l'objet peut être compris dans l'angle que forment les rayons violets & les rouges, alors toutes les couleurs doivent demeurer contigues les unes aux autres sans interruption ; mais s'il excede cet angle, les bords opposés doivent paroître seuls colorés, l'un en rouge & jaune, l'autre en violet bleu & verd : l'espace intermédiaire se voit comme à la vue simple, parce qu'il s'y trouve des rayons de toutes les especes tellement mêlés qu'on ne peut s'appercevoir d'aucune décomposition de lumiere, pourvu néanmoins que la surface de l'objet soit uni-

vent que les couleurs ne dépendent point des réflexions ou des réfractions que souffrent les rayons solaires en traversant différens milieux, comme le prétendoit Descartes. A l'égard du noir, il est visible que ce n'est pas une couleur, mais plutôt une privation de lumiere; ainsi les corps qui ne réfléchissent pas assez de lumiere, paroissent noirs. Il y a des rayons qui, par leur mêlange, donnent une couleur moyenne: le faisceau rouge étant mêlé au faisceau jaune, produit l'orangé; le faisceau jaune mêlé avec le bleu, donne la couleur verte; & du mêlange du faisceau bleu avec le violet résulte le pourpre, qui est une couleur moyenne entre le violet & le bleu. Mais ces couleurs qui dépendent d'un mêlange, ne sont pas simples comme les prismatiques; car on peut les décomposer en faisant

---

formément éclairée; car autrement les parties les plus illuminées sont comme autant d'objets particuliers de chacun desquels on peut assurer tout ce qu'on vient de dire d'un objet en général.

paſſer les rayons qui les donnent à travers un priſme ; ce qui n'arrive pas aux couleurs primitives qui ſont ſeulement au nombre de ſept, & qui étant mêlées dans le foyer d'un verre ardent, à travers duquel on les aura fait paſſer, donneront la couleur blanche.

Si après avoir regardé le ſoleil pendant long-temps, on ferme ſubitement les yeux, ou ſi l'on entre dans un lieu obſcur, on éprouve les impreſſions de la couleur rouge, orangée, jaune, verte, &c.; elles ne peuvent avoir d'autre origine que le rayon ſolaire, qui avoit auparavant pénétré dans l'œil. Lorſqu'un petit rayon de lumiere paſſe à travers un petit trou, on obſerve, dit-on, comme des fils très-déliés de différentes couleurs : au reſte, tous ces rayons colorés étant mêlés les uns avec les autres, ſelon une certaine loi, doivent produire une impreſſion compoſée ſur l'organe de la vue, & occaſionner à notre eſprit une ſenſation différente de celle que chaque rayon de ces couleurs pourroit exciter s'il étoit ſeul, comme il arrive à peu près

dans un certain bruit produit par différens sons mêlés & confondus les uns avec les autres.

10. Les couleurs qui se réfractent le plus, sont celles qui se réfléchissent plus facilement; de maniere que le violet est réfléchi sous un angle, sous lequel le bleu, par exemple, est transmis. C'est pourquoi si le rayon rouge & le violet passent sous le même angle, du verre dans le vuide ou dans l'air; comme le sinus de l'angle de réfraction du violet est plus grand que celui du rouge, le rayon violet sera attiré avec plus de force par le verre qui l'obligera de changer sa direction, & de rentrer dans son sein. Supposons que la figure 13 représente un plan mobile *A B*, percé d'un petit trou *O*, à travers lequel on fait passer successivement différens rayons colorés, pour les faire tomber fort obliquement sur le prisme *M*, & sous le même angle d'incidence; on remarquera que les uns sont réfléchis vers *C*, tandis que les autres passent encore vers *E*, & que ceux qui sont réfléchis

avec plus de facilité, sont les plus réfrangibles. Si un rayon violet *sp*, après voir traversé un verre *M N*, placé dans l'air, sort sous une direction *m t*, qui fasse un angle de moins de 40 degrés, avec la surface *M N*, la force attractive du verre le retirera de la direction *mt*, en lui faisant parcourir une courbe *m t n* (*fig.* 14), & lui fera décrire la ligne *n b*. La même chose aura lieu, & la réflexion sera plus considérable si la lumiere passe du verre dans le vuide de Boyle.

11. Si les rayons qui ont été transmis & séparés par un prisme, tombent sous la même obliquité, sur la face d'un autre prisme, il pourra arriver que les rouges soient transmis, tandis que les violets seront réfléchis, à la sortie du prisme, & obligés de rentrer dans le verre. Cependant cette réflexion ne suppose pas un contact mathématique, qui n'a jamais lieu dans notre théorie; aussi Newton a-t-il assuré que la réflexion de la lumiere n'est pas produite par la surface des corps solides; mais elle a lieu avant que

les rayons arrivent à cette ſurface.

Lorſque deux verres ſe touchent, on ne remarque aucune réflexion aux environs de la ſurface qui les ſépare; pourquoi donc prétendroit-on que les rayons qui paſſent de l'air dans le premier verre, rencontrent un grand nombre de parties ſolides, & qu'elles n'en rencontrent pas en paſſant du premier verre dans le ſecond? En général il n'y a point de réflexion remarquable lorſque la lumiere paſſe d'un milieu dans un autre, dont la force réfractive eſt la même; mais la réflexion eſt très-conſidérable lorſque les forces réfractives ſont fort différentes. C'eſt la raiſon pour laquelle la réflexion eſt moins conſidérable, lorſque la lumiere paſſe du verre dans l'eau, que quand elle paſſe du verre dans l'air; parce que les forces réfractives du verre & de l'eau, different moins entr'elles que celles du verre & de l'air. D'ailleurs toutes les ſurfaces, quelque polies qu'elles ſoient, ayant, reſpectivement à la ténuité de la lumiere, un très-grand nombre d'éminences & de cavités, ſi la ré-

flexion ſuppoſoit un vrai contact, elle ne ſuivroit aucune loi certaine; mais les rayons ſe diſperſeroient de tous côtés, & les miroirs plans, quelque bien travaillés qu'ils fuſſent, ne rendroient jamais l'image d'un objet qu'on leur préſenteroit.

12. La *diffraction* découverte par Grimaldi, n'eſt autre choſe qu'une réflexion ou une réfraction commencée. Lorſqu'un rayon arrive à une certaine diſtance d'un corps, dont la nature eſt différente de celle du milieu qu'il traverſe, il ſe fléchit en s'approchant ou en s'éloignant, & change de direction. Si la ſurface de ce corps étoit aſſez conſidérable, il ſeroit réfléchi, ou bien il traverſeroit le nouveau milieu réfringent; mais lorſqu'un tranchant ou une pointe termine cette ſurface en cet endroit, le rayon avance en évitant le tranchant ou la pointe, & continue enſuite ſon mouvement, ſelon une direction différente de celle qu'il avoit auparavant; & parce que l'inflexion de différens rayons, rouges, jaunes, &c. n'eſt pas la même dans les mêmes diſtances, on doit remar-

quer des franges colorées, lorsqu'on reçoit cette lumiere sur un papier blanc (1). Au reste, certains Physiciens pensent que la diffraction

---

(1) Le crystal d'Islande a une propriété bien étonnante & bien digne de l'attention des Physiciens. Cette pierre affecte constamment la figure d'un parallélipipede oblique, terminé par six parallélogrammes & huit angles solides, & lorsqu'elle réfringe un rayon de lumiere, il se divise en deux parties, dont l'une est réfractée d'une maniere constante & ordinaire, le sinus de l'angle d'incidence étant à celui de réfraction comme 5 à 3, à peu près, tandis que l'autre est réfractée d'une maniere différente & extraordinaire; (& cela arrive, quel que soit l'angle d'incidence). Les rayons qui sortent de ce crystal, observent la même loi, c'est-à-dire que celui qui a été réfracté selon la loi usitée ou inusitée, est réfracté en sortant, de la même maniere; néanmoins le rayon incident & ses deux parties qui sortent du verre sont paralleles. Si l'on applique l'une contre l'autre deux lames paralleles de ce crystal, les parties du rayon incident qui auront été réfractées selon la premiere ou la seconde maniere par la premiere lame, le feront de même par la seconde. Ce sera la même chose si les deux crystaux sont semblables & ont des positions semblables. Si deux morceaux d'un même crystal se joignent à angles droits,

se fait toujours par attraction, & jamais par répulsion.

13. Il y a quantité de substances qui jettent de la lumiere, & qui ne

---

la partie du rayon qui aura été réfractée selon la loi usitée dans le premier morceau, suivra une réfraction inusitée dans le second, & réciproquement. Le même globule est réfacté d'une maniere différente, selon que ses côtés sont tournés d'une maniere différente par rapport à ceux du crystal. Ce phénomene paroît dépendre des différentes forces qui ont lieu en des points différens du même globule, & qui sont la cause qu'il se réfracte selon la loi ordinaire, lorsque la partie tournée du côté du crystal n'exerce pas une force ou ne reçoit pas un mouvement capable d'empêcher l'effet de la loi ordinaire; mais si l'autre partie est tournée du côté du crystal, la force que ce corps exercera étant différente, la réfraction le sera aussi. Peut-on penser que chaque rayon de lumiere a deux côtés doués d'une propriété d'où dépend la réfraction extraordinaire du crystal, & deux autres côtés qui n'ont pas cette propriété ? Il y en a qui attribuent le phénomene dont on vient de parler, aux lames différemment inclinées entr'elles, dont, disent-ils, cette pierre est composée. Dans cette hypothese, l'on peut dire que ses particules qui ont des figures différentes, ont aussi des forces différentes selon le côté qu'elles présentent à la lumiere; de maniere

ſont point chaudes pour cela. Les diamans qui ont été imbibés de lumiere, luiſent pendant un certain temps; mais ſi lorſqu'ils ont ceſſé de luire on les place dans une cueil-

---

que les globules de la même eſpece qui ſe trouvent dans des accès de facile réflexion par rapport au côté droit d'une particule, ſont dans des accès de tranſmiſſion par rapport au côté gauche. Le cryſtal de roche produit auſſi deux réfractions, mais moins inégales que celles du cryſtal d'Iſlande. Lorſque la lumiere paſſe d'un milieu dans un autre, elle ſe réfracte & change de direction par l'action différente des forces des milieux qu'elle traverſe, & l'on obſerve que les milieux ſulfureux ont une force attractive plus grande que leur denſité ne l'exige; ce qui vient ſans doute de la nature de leurs molécules & de l'arrangement des points qui les compoſent. Dans les autres fluides & ſolides, la force réfractive ſuit ordinairement à peu près la raiſon de la denſité. Cependant les rayons ſolaires ont des réfrangibilités différentes dans le même milieu, non ſeulement à cauſe de leurs vîteſſes un peu différentes, mais encore à cauſe de la figure de leurs globules, du nombre & de l'arrangement des points qui les compoſent; ce qui fait que dans les mêmes diſtances, deux globules différens, l'un rouge & l'autre violet, ne ſont pas également attirés ou repouſſés par un milieu réfringent ou réfléchiſſant.

ler d'argent qu'on a fait chauffer auparavant, ils recommenceront à luire : on remarque la même chose lorsqu'on les plonge dans l'eau chaude ; mais on fait bientôt disparoître leur lumiere en les jettant dans l'eau froide, & on la fait reparoître de nouveau en les échauffant avec l'haleine: ils cessent encore de briller si on les replonge dans l'eau froide : mais après les avoir ainsi réchauffés & refroidis plusieurs fois, leur lumiere qui s'est affoiblie à chaque fois, s'éteint tout-à-fait, & on ne peut plus réussir à les faire briller, quoiqu'on les échauffe. Il paroît donc que la lumiere est différente du feu. D'autre côté le feu est nourri par l'huile, tandis que tout principe huileux, liquide, affoiblit la lumiere, s'il ne la détruit point. La lumiere pénetre rapidement les corps diaphanes, le feu les pénetre lentement. Le vent ne repousse point la lumiere, & ne la déplace point; mais l'air agit sur la flamme, & la détermine à s'élever, tandis que la lumiere du soleil, comme celle de tous les corps lumineux, se dirige

en toutes ſortes de ſens. Comme le feu qui ſe fait remarquer ſous la forme de flamme, differe en chaleur & en couleur, ſuivant la nature de ſon aliment, la lumiere qui provient des différens corps embraſés, n'eſt point ſemblable dans tous ces corps: elle paroît être un corps d'une nature toute particuliere. Ses rayons condenſés au foyer d'un verre brûlant, & dirigés ſur un reſſort de montre, fixé par une de ſes extrêmités dans un morceau de bois, mettent en vibration l'autre extrêmité de ce reſſort (1).

La lumiere qu'un corps opaque réfléchit, fait toujours l'angle de réflexion égal à celui d'incidence, ce qui démontre que la vîteſſe de la lumiere eſt la même avant & après la réflexion.

14. Le bois des vieux arbres, la chair des animaux terreſtres, pluſieurs poiſſons, lorſqu'ils ſe pourriſſent, les endroits qu'on arroſe fréquemment d'urine, jettent une belle lumiere pendant la nuit. Les mouches qui volent pendant la nuit dans

(1) Hiſt. de l'Acad. Royale, ann. 1708.

l'Allemagne & dans l'Italie, les yeux de plusieurs animaux, des scarabées gros comme des abeilles, mais sur-tout les mouches des Antilles, qui sont munies de quatre ailes, d'où sort une lumiere fort éclatante, ont la même propriété. Si l'on met dans un verre ces scarabées qu'on trouve dans l'Afrique, aux environs du fleuve *Gambis*, qui sont d'un rouge brun, & applatis, on peut lire aussi facilement pendant la nuit, que si on étoit éclairé avec une chandelle (1). Si on renferme en Italie trois scarabées luisans dans un tube de verre banc, ils donneront assez de lumiere pour éclairer tous les objets d'une chambre. L'éclat des scarabées & des mouches diminue lorsque ces insectes sont malades, & ils cessent de luire si-tôt qu'ils sont morts. Lorsqu'ils font effort pour voler,

(1.) M. de Reaumur parle d'une espece de mouche qu'on trouve aux Antilles, dans les Indes, & que Mlle. Merian a décrite parmi les insectes de Surinam. Les habitans du pays s'en éclairent, dit le P. du Tertre, (*dans son Histoire des Antilles*), tant pour aller & venir, que pour travailler pendant la nuit; le même animal sert pendant 15 jours; après quoi on le renouvelle.

voler, on voit la lumiere ſortir ſurtout de leur ventre. Les vers qu'on trouve dans les huîtres ſont lumineux, auſſi-bien qu'une humeur viſqueuſe qui ſe trouve dans le goſier de certains poiſſons. Les couteaux de mer, ſur-tout, ſont fort lumineux, & ces poiſſons continuent de briller, même après leur mort. Si on les plonge dans du vin, du vinaigre, de l'eſprit de vin, de l'urine, de la ſolution de ſel de ſaturne, de la ſolution de vitriol, &c. leur lumiere s'éteint ; mais cela n'arrive pas ſi on les jette dans l'eau, dans le lait, dans l'huile, dans l'huile de tartre, ou dans l'eſprit de ſel ammoniac. Si on les plonge dans une eau trop chaude, leur lumiere s'affoiblit ; cela arrive auſſi ſi l'eau, quoique chaude, ne l'eſt pas juſqu'à un certain point ; enſorte qu'il y a un certain degré de chaleur qui eſt plus favorable à la lumiere de ces poiſſons (1).

15. La mer battue & agitée, devient

(1) Ce ſont des coquillages vivalves, qui ont la forme d'un manche de couteau.

lumineuſe dans certains temps : ce phénomene dépendroit-il des petits inſectes ſemblables à des chenilles, ou de pluſieurs eſpeces qui ſe raſſembleroient promptement & en grande quantité ; enſorte que la mer chargée de ces animaux, ſeroit lumineuſe, lorſque ſa ſurface ſeroit agitée, & que le rivage battu par les flots chargés de ces inſectes, paroîtroit comme embraſé, ainſi qu'on l'a obſervé dans le Bréſil ? Mais ces animaux venant à périr & ceſſant de répandre la lumiere, la mer perdra tout ſon éclat. Les obſervations de Linnæus, Goſſellini, &c. paroiſſent confirmer cette idée ; c'eſt pour cela que l'eau de la mer filtrée ne donne plus de lumiere ; mais celle qui eſt encore dans le filtre, conſerve un bel éclat ; & ſi l'on en expoſe quelque goutte ſous la lentille d'un microſcope, on y voit nager une quantité prodigieuſe de petits animaux.

16. Il y a des corps qui ne deviennent lumineux & n'abſorbent la lumiere qu'après avoir été expoſés au foyer d'un miroir, ou d'un verre ardent : d'autres deviennent lumineux

étant exposés à l'ardeur du soleil. Il y en a qu'il suffit d'exposer au grand air pendant le jour, que le ciel soit serein ou nébuleux. Il y en a d'autres qui s'imbibent de lumiere, lors même qu'ils sont renfermés sous des verres : l'on en voit aussi qu'il suffit de placer dans l'eau, dans le lait, ou dans du vinaigre. En général tous les corps échauffés par un feu moderé, s'imbibent plus aisément de lumiere. Les bols, de quelque couleur qu'ils soient, toutes les incrustations qui se forment dans les canaux des fontaines, toute espece de marbre quelconque, tous les sables, le talc, le spath, l'amiante, les agates, les stalactites ; les jaspes, les opales, l'onix, la pierre calaminaire, les crystaux de roche, les dendrites, les belemnites, les cailloux, l'aimant, l'æmatite, toutes les terres, toutes les pierres précieuses, tous les sels naturels, tous les sucs gras, le succin, le soufre, l'arsenic blanc, l'orpiment fossile, l'ivoire fossile, toutes les pétrifications, la tutie, du côté qu'elle est inégale & raboteuse, &c. toutes ces substances absorbent la matiere de la

nes, le jus de viandes épaiſſi ; un jaune d'œuf deſſéché, le fromage, la ſérosité du ſang épaiſſie, des grumeaux de ſang, les chairs deſſéchées, la main d'un homme vivant en hiver & lorſqu'il gele, les calculs des reins & de la veſſie, le bezoar, les pierres d'écreviſſe, &c. Cependant les métaux, le cinnabre, le zinc, les marcaſſites, le jayet, le pétrole, les bitumes, la térébenthine liquide & le benjoin ne deviennent point phoſphoriques par le procédé que nous venons d'indiquer.

18. Mais pourquoi les corps s'imbibent-ils d'une plus grande quantité de lumiere pendant un jour même nébuleux, que ſi on les avoit expoſés à une flamme artificielle très-claire? Cela viendroit-il de ce que la lumiere du jour ſeroit plus denſe que celle de toute flamme que nous puiſſions produire, ou de ce que cette eſpece de flamme artificielle eſt toujours embarraſſée de parties hétérogenes qui la rendent moins propre à pénétrer dans les pores des corps que la lumiere du ſoleil qui eſt plus pure?

19. L'art prépare auſſi plusieurs

corps qui s'imbibent de lumiere & qui deviennent lumineux dans les ténebres. On doit compter parmi ces corps toutes les pierres calcinées, & la pierre de Boulogne (1). Selon Lemery, cette pierre étant exposée à la lumiere du jour, lorsque le soleil est sur le point de se coucher, rend ensuite une lumiere plus vive, & elle brille davantage lorsque le ciel est nébuleux & pluvieux, que par un temps serein; mais les rayons de la lune lui communiquent un éclat modique. Ce phosphore contient un soufre fort subtil & très-mobile, qui exerce une forte action sur la lumiere qu'il renferme; de maniere qu'il blanchit la surface d'un morceau de laiton sur laquelle on le pose. Il brille avec plus d'éclat pendant un temps pluvieux & nébuleux, parce qu'un peu d'humidité produit dans ses parties une espece de fermentation très-propre à donner du mouvement à la lumiere qu'elles contiennent.

(1) On donne le nom de *phosphore* à toutes les substances capables de répandre de la lumiere dans les ténebres; telles que sont les

L'on doit encore ranger parmi ces ſubſtances l'eau de chaux vive mêlée avec l'huile de vitriol, étant diſtillée cryſtalliſée & diſtillée enſuite, toutes

---

vers luiſans, le bois pourri, la pierre de Boulogne, &c. La pierre de Boulogne eſt tendre, peſante, cryſtalliſée, ne fait aucune efferveſcence avec les acides, avant d'avoir été calcinée avec le contact des charbons. Ces qualités la font ranger par Margraff au nombre des ſpaths fuſibles peſans, avec d'autant plus de raiſon que tous ces ſpaths préparés avec la pierre de Boulogne, deviennent phoſphoriques. Pour donner la vertu phoſphorique à ces pierres, on choiſit celles qui ſont les plus nettes, les plus friables, les plus peſantes, les plus cryſtallines, qui s'effeuillent lorſqu'on les briſe. On les fait rougir dans un creuſet, on les réduit en poudre dans un mortier de verre ou de porphyre; & c'eſt à tort que Lemery prétend qu'il eſt néceſſaire d'employer un mortier de bronze. Les pierres ayant été ainſi réduites en poudre, on en forme une pâte avec du mucilage de gomme adragan, & on en fait des gâteaux minces de l'épaiſſeur environ d'une lame de couteau, qu'on fait deſſécher en employant une aſſez grande chaleur ſur la fin. On allume du charbon dans un fourneau de réverbere ordinaire, rempli à peu près juſqu'aux trois quarts de ſa hauteur, ayant eu ſoin de poſer les gâteaux de pierre à plat ſur ce charbon. On acheve

les pierres dissoutes dans les acides & ensuite calcinées, le *phosphore de Baudouin*, fait avec la craie & l'esprit de nitre. La lumiere de ces diverses

---

de remplir le fourneau avec du charbon noir, on le couvre de son dôme dont le tuyau doit rester ouvert ; on laisse consumer tout le charbon & refroidir le fourneau ; & les pierres sont alors calcinées. Si on les nettoie par le moyen du vent que produit un soufflet, de la cendre dont elles sont couvertes, qu'on les expose à la lumiere du jour, (selon Scherffer, on ne doit pas les exposer aux rayons solaires), pendant quelques minutes, qu'on les porte ensuite dans un lieu obscur, on les verra briller comme des charbons ardens, sur-tout si on s'est tenu soi-même dans l'obscurité, ou si l'on a eu soin de fermer les yeux pendant quelque-temps afin de dilater la prunelle. Margraff observe que si après la calcination à travers les charbons, on calcine de nouveau ces pierres pendant une bonne demi-heure, leur propriété phosphorique en devient plus vive. Si l'on en croit M. du Fay, toutes les pierres calcaires peuvent devenir phosphoriques par la calcination ; avec cette différence seulement que celles qui sont purement calcaires, ont besoin d'une calcination plus forte ou de plusieurs calcinations réitérées, tandis que celles qui contiennent l'acide, telles que les gypses, les sélénites, les spaths, le deviennent par une seule calcination plus légere. Margraff au

préparations n'eſt pas de la même couleur. Lorſque ces corps ſont encore imprégnés d'une grande quantité de feu, ils ne ſont point propres

---

contraire aſſure que les ſeules pierres calcaires ſaturées d'acide, peuvent devenir phoſphoriques; que celles qui ſont purement calcaires, telles que les craies, les pierres à chaux, les marbres, les ſtallactiles, ne peuvent le devenir, à moins qu'on ne les ſature d'acide avant la calcination. Si le ſentiment de M. Margraff étoit fondé, on pourroit dire que les acides en général ayant beaucoup d'affinité avec le principe inflammable, forment en s'uniſſant avec lui, des mixtes qui ont les propriétés du ſoufre ou du phoſphore; de maniere que l'action ſeule de la chaleur & de la lumiere répandues dans l'air, ſuffiroit pour enflammer la pierre de Boulogne, non pas aſſez fortement pour la faire brûler, mais ſi légerement, ſi lentement qu'il n'en réſulte qu'une lumiere foible qu'on ne peut appercevoir que dans l'obſcurité. On ſait que cette pierre calcinée a une odeur de ſoufre qu'elle conſerve pendant tout le temps qu'elle reſte phoſphorique. D'autre côté la calcination doit être faite avec le contact du charbon embraſé qui contient beaucoup de *phlogiſtique* ou de principe inflammable; & il eſt certain que c'eſt-là une des conditions pour la production des phoſphores pierreux; enſorte qu'il y a des gens qui penſent que le compoſé ſulfureux qui ſe forme dans

à devenir fort lumineux; mais plus ils se refroidissent, plus ils acquierent la facilité de s'imbiber de lumiere & de briller. Cet effet paroît

cette opération, brûle pendant la calcination, mais qu'à mésure que la pierre se refroidit, l'inflammation diminue peu à peu, sans cependant cesser entierement; de maniere que l'action de la lumiere est capable de la renouveller & de l'augmenter assez pour la rendre sensible dans l'obscurité. Bien plus, par les observations de M. Margraff, on peut rendre ces sortes de phosphores lumineux en les échauffant seulement jusqu'à un certain point, par le moyen d'un poële ou d'un fourneau trop peu chaud pour produire la moindre apparence de rougeur ou de lumiere, même dans l'obscurité. Il est vrai qu'on peut opposer à ce sentiment, 1°. que si la lumiere de ces phosphores n'étoit que l'effet d'une véritable inflammation, elle ne pourroit avoir lieu sans le libre accès de l'air, & elle s'éteindroit comme celle des corps enflammés, lorsqu'on les plongeroit dans l'eau, ce qui n'arrive pas; car ces phosphores luisent même dans des verres bouchés hermétiquement, & quand on les plonge dans l'eau. 2°. L'expérience a prouvé à M. du Fay que les pierres purement calcaires & exemptes d'acide, dans la calcination desquelles il n'est pas possible qu'il se produise aucun composé sulfureux, deviennent cependant phosphoriques. Mais on peut répondre à ces

venir de ce que par le mouvement confus des parties, & leur ſituation reſpective, ces corps repouſſent la lumiere au lieu de l'abſorber. La

---

objections : premierement que l'inflammation foible & lente du phoſphore n'a beſoin que d'une très-petite quantité d'air, & qu'elle eſt plus foible dans l'eau & dans le verre exactement clos qu'à l'air libre ; elle s'éteint même plus promptement dans les liqueurs qu'en plein air. En ſecond lieu, M. du Fay n'ayant point fait d'examen chymique des pierres dont il s'eſt ſervi, on ne peut pas être aſſuré qu'elles ne contenoient point du tout d'acide vitriolique ; car on ſait qu'il y a beaucoup de pierres qui paroiſſent être entierement calcaires, & qui ne laiſſent point que de contenir une certaine quantité de ſubſtance ſéléniteuſe ou pyriteuſe. Mais en ſuppoſant que les pierres purement calcaires peuvent devenir phoſphoriques par la calcination, l'on conçoit facilement qu'elles peuvent abſorber une certaine quantité de phlogiſtique capable de produire les phénomenes de la pierre de Boulogne. Si l'on expoſe ce phoſphore à un rayon rouge ou à un rayon bleu ſéparé par le priſme, il rend, dit-on, la même lumiere ; ce qui prouve que l'action de la chaleur ne fait qu'exciter & mettre en mouvement la lumiere de la pierre de Boulogne, puiſqu'elle ne paroît pas avoir la couleur des rayons qu'elle a abſorbés.

Le *phoſphore de Balduinus* ou de *Baudouin*;

lumiere qui souffre un grand nombre de réflexions, dans un corps où elle rencontre des chemins tortueux, qui l'obligent de se détourner fréquem-

---

celui d'Homberg sont du même genre : ils ne different de la pierre de Boulogne que par l'espece de l'acide qu'ils contiennent. Le phosphore de Baudouin n'est autre chose qu'une combinaison de craie avec l'acide nitreux; & celui d'Homberg est une combinaison de chaux avec l'acide du sel ammoniac. On calcine ces deux matieres dans un creuset; l'acide nitreux fournit du phlogistique au phosphore de Balduinus; d'ailleurs on sait que les craies en contiennent aussi. Le principe inflammable est fourni au phosphore d'Homberg, par le sel ammoniac qu'on traite avec la chaux. Ces deux phosphores desséchés, attirent puissamment l'humidité de l'air ; c'est pourquoi on ne peut les conserver que dans des vaisseaux exactement fermés ; & leur vertu phosphorique dure bien moins que celle de la pierre de Boulogne.

Le *phosphore d'Angleterre* ou de *Kunckel* ou d'*urine*, est une combinaison du phlogistique avec un acide d'une nature particuliere. Nous devons sa découverte à un bourgeois d'Hambourg, nommé Brandt, qui le trouva en 1677 en cherchant la *pierre philosophale*. Kunckel, après un travail soutenu & éclairé sur cet objet, fit la même découverte, & les Chymistes le nomment communément phosphore de Kunckel. Depuis

ment de la ligne droite, & d'errer pour ainsi dire de labyrinthe en labyrinte, doit employer un certain temps, pour sortir du corps qu'elle

---

ce temps-là M. Rouelle & d'autres Chymistes ont réussi à faire ce phosphore. Voici le meilleur procédé connu qu'on peut employer pour obtenir facilement, promptement & à peu de frais une bonne quantité de phosphore. On prend une espece de plomb cornée qu'on a préparé en distilant un mêlange de quatre livres de minium avec deux livres de poudre de sel ammoniac dont on a retiré l'esprit volatil alkali qui est fort pénétrant: on mêle ce qui reste dans la cornue après cette distillation avec 9 à 10 livres d'extrait d'urine en consistance de miel. « M. Margraff demande que cette urine ait été putréfiée; mais cela n'est pas nécessaire, suivant l'observation de M. Baumé. Ce mêlange se fait peu à peu dans une chaudiere de fer, sur le feu, en remuant de temps en temps: on y ajoute une demi-livre de charbon en poudre: on desseche jusqu'à ce que le tout soit réduit en une poudre noire. On met cette poudre dans une cornue pour tirer, par une chaleur graduée & médiocre, tous les produits volatils de l'urine, c'est-à-dire, l'alkali volatil, l'huile fétide, & une matiere ammoniacale qui s'attache au col de la cornue. On ne pousse le feu dans cette distillation que jusqu'à faire rougir médiocrement la cornue: il ne reste après cela qu'une espece

a d'abord pénétré. Certains corps ne brillent pas au-delà de deux ſecondes de temps, d'autres conſervent leur éclat pendant huit ſecondes; il y a

---

de *caput mortuum* noir & très-friable; c'eſt ce réſidu qui eſt propre à fournir le phoſphore à une chaleur beaucoup plus forte. On peut, avant de le ſoumettre à la derniere diſtillation, l'eſſayer en en jettant un peu ſur des charbons ardens. Si la matiere a été bien préparée, il s'en exhale auſſi-tôt une odeur d'ail, & l'on voit une flamme bleue phoſphorique qui ſe promene à la ſuperficie des charbons en faiſant des ondulations ».

On place enſuite cette matiere dans une bonne cornue de terre capable de réſiſter à un grand feu. Celles de Waldembourg ſont excellentes. M. Baumé ſe ſert de celles de Heſſe qu'il enduit d'un lut de terre mêlée de bourre pour la ménager.

« On emplit cette cornue juſqu'aux trois quarts de la matiere dont on doit tirer le phoſphore; on la place dans un fourneau ordinaire pour diſtiller à la cornue, excepté qu'au lieu d'être terminé par le dôme ou réverbere ordinaire, celui-ci doit l'être par une chape de fourneau à vent, ſurmontée d'un tuyau de quatre à ſix pouces de diametre, ſuivant la grandeur du fourneau, & de huit à neuf pieds de haut. Cet appareil dont ſe ſert M. Baumé, eſt néceſſaire, tant pour donner aſſez d'activité au feu, que pour pouvoir introduire une ſuffiſante quantité de

même des diamans qui brillent pendant quatre heures. Les corps qui ont la faculté d'abſorber la lumiere & de la mieux retenir, peuvent la

---

charbon à la fois par la porte de la chape. La cornue doit être bien lutée à un ballon de moyenne grandeur, percé d'un petit trou, & à moitié rempli d'eau : on ſe ſert pour cela du lut gras ordinaire, bien aſſujetti par des bandes de linge chargées de lut de chaux & de blanc d'œuf. L'échancrure du fourneau par où paſſe la cornue, doit être auſſi bien fermée par de la terre à four. Enfin on éleve un petit mur de briques entre le fourneau & le ballon, pour garantir ce vaiſſeau de la chaleur le plus qu'il eſt poſſible ».

« Toutes ces choſes ayant été préparées la veille du jour qu'on ſe propoſe de faire la diſtillation, on eſt en état de procéder à cette opération, dont le reſte eſt très-facile. On échauffe la cornue par degrés environ pendant une heure & demie, alors on augmente la chaleur juſqu'à faire bien rougir la cornue, & le phoſphore commence à paſſer en vapeurs lumineuſes : la cornue étant preſque rouge-blanc, le phoſphore paſſe en gouttes qui tombent & ſe figent dans l'eau du récipient : on ſoutient ce degré de chaleur, juſqu'à ce que la cornue étant rouge-blanc, on s'apperçoive qu'il ne paſſe plus rien. Cette opération dure environ cinq heures pour une cornue de la contenance de deux pintes ou même plus ».

perdre, lorſqu'on les expoſe long-temps à l'action du feu, ainſi qu'on peut le remarquer dans les cryſtaux, les émeraudes, &c. La vertu phoſpho-

« Le phoſphore ne paſſe pas pur dans cette diſtillation; mais on le purifie des matieres charbonneuſes ou fuligineuſes dont il eſt noirci, en le diſtillant une ſeconde fois dans une petite cornue de verre à laquelle on ajoute un petit récipient à moitié plein d'eau. Cette rectification ne demande qu'une chaleur très-modérée, le phoſphore une fois formé étant très-volatil, tandis que les matieres fuligineuſes dont il eſt ſouillé, ne peuvent être élevées qu'à l'aide d'une grande chaleur. Ainſi elles reſtent au fond de la cornue, & le phoſphore paſſe très-pur. On a coutume de le réduire après cela en petits bâtons pour la commodité des expériences, ce qui ſe fait en l'introduiſant dans des tubes de verre qu'on plonge dans de l'eau un peu plus que tiede. Cette chaleur très-douce ſuffit pour liquéfier le phoſphore, qui eſt preſque auſſi friable que du ſuif; ſes parties ſe réuniſſent & prennent la forme du tube qui leur ſert de moule: on en fait ſortir le phoſphore ainſi moulé, après l'avoir laiſſé totalement refroidir & figer: il faut, pour pouvoir retirer commodément le phoſphore de ces tubes ou moules, qu'ils aient de la dépouille, c'eſt-à-dire, qu'ils ſoient de figure un peu conique; & toutes ces opérations doivent ſe faire toujours dans l'eau, pour éviter l'inflammation du phoſphore ».

rique réside pendant plusieurs années dans la colophone; le pain la perd au bout d'un jour, & la gomme arabique dans six jours; mais en faisant

Ce phosphore se dissout dans les huiles & liqueurs inflammables; & ces liqueurs huileuses phosphoriques sont toujours lumineuses, sur-tout lorsqu'elles sont un peu échauffées & qu'elles ont une libre communication avec l'air; son accide dissout entierement le zinc, & cette dissolution exhale une odeur fétide. Ce même acide traité par la fusion avec l'étain, le plomb, & sur-tout le fer & le zinc qui sont des substances dont le phlogistique est très-abondant & très-développé, forme du phosphore. M. Margraff a obtenu une assez grande quantité de très-beau phosphore en distillant au grand feu l'acide phosphorique avec du zinc. Le même Chymiste a encore observé que beaucoup de matieres végétales & sur-tout les graines contiennent assez de cet acide pour produire du phosphore lorsqu'on les pousse au grand feu dans les vaisseaux clos. Cet acide se forme-t-il dans les regnes végetal ou animal, & passe-t-il du premier dans le second? Quoi qu'il en soit, c'est toujours dans l'urine où il s'en trouve la plus grande quantité. Pour dégager l'acide phosphorique, il suffit de faire brûler le phosphore, car le principe inflammable se dissipant par la combustion, l'acide reste libre; ce qui prouve que ce résidu est un acide, c'est sa saveur,

chauffer ces corps & les exposant aussi à la lumiere du jour, ils redeviendront lumineux. Si le phosphore de Baudouin, la chaux de spath restent

---

& la propriété qu'il a de rougir les couleurs bleues des végétaux.

On écrit sur la muraille d'un lieu obscur avec un bâton de phosphore, & l'écriture se lit aussi-tôt tracée en caracteres de feu. On enduit un objet avec une dissolution de phosphore dans une huile, & cet objet paroît tout rayonnant de lumiere dans un lieu ténébreux, principalement si l'air est un peu échauffé. On éteint une bougie, & on l'a rallume sur le champ en appliquant sur la meche encore chaude la pointe d'un couteau à laquelle on attache avec du suif un petit morceau de phosphore. Enfin, c'est une substance par le moyen de laquelle les Physiciens peuvent faire des opérations capables d'en imposer beaucoup aux ignorans.

Calcinez une certaine quantité d'écailles d'huîtres ordinaires, en les tenant pendant demi-heure sur un feu bien soutenu. Lorsque vos écailles seront réduites en poudre, séparez-en la partie la plus pure en les criblant. Vous mêlerez cette poudre avec un quart de soufre, & vous mettrez le mêlange dans un creuset d'un pouce & demi de profondeur, que vous remplirez presque jusqu'aux bords : vous le placerez sur le plus grand feu, où vous le tiendrez rouge au moins pendant une heure, après quoi vous le lais-

dans les ténebres deux ou trois ſemaines, ils perdent leur éclat ; mais ſi on les expoſe trois ou quatre jours à la lumiere du ſoleil, & qu'on les place enſuite ſur un fourneau bien échauffé, ils redeviendront lumineux. Peut-on dire que les corps repouſ-

---

ſerez refroidir. Vous couperez ou vous briſerez la matiere froide dont vous broyerez les parties les plus brillantes, qui, ſi l'opération eſt bien faite, vous rendront une poudre blanche que vous mettrez dans une bouteille fermée hermétiquemenr. Quelques parties de ce phoſphore, lorſquelles ont été expoſées à l'air pendant 2 ou 3 ſecondes, & qu'on les tranſporte ſur le champ dans une chambre obſcure, donnent aſſez de lumiere pour faire diſtinguer les heures à une montre, pourvu qu'on ait fermé les yeux ou qu'on ait reſté dans un endroit peu éclairé pendant 2 ou 3 minutes.

Par une expérience rapportée dans le Journal Anglois du 15 Février 1776, le phoſphore donne toujours la même lumiere non colorée, quoiqu'il ait été expoſé ſucceſſivement aux différens rayons colorés du priſme ; cependant la lumiere eſt plus ou moins éclatante, ſelon la couleur des rayons auxquels il a été expoſé. Ce qui vient ſans doute de ce que les rayons qui ont le plus de force, ébranlent avec plus de violence les particules du phoſphore, & produiſent une agitation plus conſidérable dans la lumiere qu'il renferme.

ſent la lumiere au dehors, ou que la lumiere ſe diſſipe d'elle-même en tendant à ſe mettre en équilibre, ou que l'humidité répandue dans l'athmoſphere, éteint la lumiere dans les corps qu'elle pénetre?

20. Les métaux expoſés à la lumiere du ſoleil ne deviennent point lumineux, mais le fer imprégné d'une grande quantité de matiere ignée acquiert un grand éclat. Cela paroît venir de ce que ce métal réſiſte à la lumiere & non à la matiere ignée, quoique celle-ci contienne beaucoup de lumiere. Dans la ville de Gamron en Arabie, les étoiles fixes n'étincellent point; ce qu'on attribue à la pureté de l'air: cette lumiere, ſelon les obſervations de M. de la Condamine, étincelle moins au Perou, depuis Guajaquil juſqu'à Lima qu'en France. Les étoiles étincellent vivement en Hollande, lorſque le temps eſt ſerein & très-froid pendant l'hiver, & elles n'étincellent point quand on les regarde avec un téleſcope. Cet effet ne dépend-il pas de la vivacité de la lumiere & de l'activité avec laquelle elle agit ſur nos

yeux? ou faut-il l'attribuer au mouvement continuel des vapeurs & des particules de l'air?

Quoique la lumière du soleil contienne les sept couleurs prismatiques, il ne s'ensuit point que celle d'une flamme quelconque ou d'un corps qui brûle, soit composée des rayons colorés, tels que ceux qui nous viennent du soleil, ou que les couleurs soient répandues dans la même proportion dans les rayons de différentes flammes. Le soufre ordinaire donne une flamme bleue qui abonde par conséquent en rayons bleus, & les visages de ceux qui sont autour de cette flamme paroissent d'une pâleur effrayante. Si l'on fait brûler dans un endroit obscur de l'esprit de vin qu'on a eu soin de bien faire chauffer auparavant, ou dans lequel on a jetté, tandis qu'il étoit sur le feu, du sel ammoniac ou de l'alun, & qu'on le remue pendant quelque temps avec un bâton; les objets rouges placés à quelque distance de la flamme paroîtront d'un rouge sale; on verra distinctement les corps blancs & les jaunes; mais à peine on pourra

diſtinguer ceux qui ſont verds ou bleus. Si on jette dans de l'eſprit de vin qu'on vient de retirer de deſſus le feu, une grande quantité de nitre ou de ſel marin & qu'on le remue fortement avec un bâton, lorſqu'on aura allumé cette liqueur, les hommes, ſur-tout ceux dont le viſage eſt vermeil & fort rouge, paroîtront pâles & livides : les objets verds paroîtront d'une autre couleur rude approchante de celle de l'olive ; les rouges auront une couleur obſcurément livide. Le blanc tirera ſur le jaune, les corps jaunes conſerveront leur couleur : mais le pourpre & l'indigo le plus foncé ne pourra ſe diſtinguer du noir qu'avec peine, & le bleu pâle paroîtra gris.

21. Melville a remarqué, en examinant ces phénomenes à travers le priſme, que lorſqu'on avoit mis du ſel ammoniac, des cendres gravelées ou de l'alun dans l'eſprit de vin, la flamme de ce fluide donnoit des rayons de toutes les couleurs, mais en quantité différente ; de maniere que les rayons jaunes étoient les plus abondans, & que les rouges ſurpaſ-

ſoient en nombre les verds & les bleus. Il a encore obſervé que lorſqu'on avoit mis du nitre ou du ſel marin dans l'eſprit de vin, ſa flamme répandoit des rayons bleus, quoique fort pâles; mais lorſque cet eſprit n'étoit chargé que de nitre, là flamme contenoit beaucoup de rayons verds. Si l'eſprit de vin étoit chargé de ſel marin, les rayons verds étoient fort pâles. Si l'on combinoit ces deux ſels enſemble & qu'on agitât fortement la liqueur, la flamme ne donnoit point de rayons rouges, qui ſe faiſoient cependant remarquer auſſi-tôt que l'eſprit de vin étoit tranquille; enſorte qu'on voyoit alors les objets rouges ſous leurs propres couleurs; mais ſi on agitoit de nouveau le mêlange, les rayons rouges ceſſoient de paroître.

Un trou fait dans une planche & qui donne paſſage aux rayons, paroît jaune dans toute ſon étendue; la couleur néanmoins eſt mêlée d'un peu de verd & de bleu; ce qui vient de ce que les rayons jaunes ſont plus abondans dans ces expériences. La flamme du camphre & du zinc eſt très-

très-blanche ; mais l'arſenic mêlé avec le zinc produit une flamme qui tire ſur le bleu. Le cuivre jaune chauffé au point de donner de la flamme, jette une lumiere verte ; mais le zinc mêlé avec l'orpiment produit une flamme noire (1). Si nous en croyons le ſavant Beccaria, lorſqu'on plonge ſous le ſuc luiſant des couteaux de mer, ou ſous du lait mêlé avec de ce ſuc, un morceau de bois peint avec toutes les couleurs de l'iris, on voit diſtinctement le blanc, le jaune & le bleu, tandis qu'on n'apperçoit tout au plus que confuſément les autres couleurs ; cela vient, ſi nous en croyons un habile Phyſicien, de ce que la lumiere du ſuc des couteaux de mer contient principalement des rayons jaunes & bleus, & que cette lumiere ne renferme que très-peu d'autres rayons.

22. Les rayons du ſoleil ſéparés par le priſme ne font jamais obſerver des lumieres noires ; & delà l'on peut conclure que le noir n'eſt pas une véritable couleur, ainſi que nous

(1) Hiſt. de l'Acad. Royale, ann. 1744.

l'avons remarqué ci-devant; & comme les ombres qui paroissent derriere les corps opaques sont noires, il est évident que le noir n'est autre chose qu'une privation de lumiere. Les ténebres ne sont de même qu'une privation de lumiere; & quand elles sont parfaites ou presque parfaites, on observe pour l'ordinaire que les corps qui tirent sur le noir paroissent avoir une espece de couleur violette; telles sont les lettres que nous formons avec de l'encre. Pour donner aux étoffes la couleur noire, on les teint d'abord en bleu foncé, & ensuite en violet; & lorsqu'elles sont ainsi imbibées de ces deux couleurs, elles paroissent noires. Si on observe à travers un prisme, une étoffe noire exposée aux rayons du soleil, on remarque distinctement la couleur violette, qui forme une bande assez large. Les objets teins en noir réfléchissent à peine assez de lumiere pour les rendre visibles; & ce peu de lumiere qu'ils réfléchissent, est de toutes sortes de couleurs, & on ne voit jamais ces objets qu'obscurément.

23. Lorsque la lumiere tombe sur

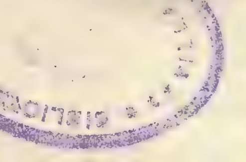
une plaque mince & transparente, elle se divise en plusieurs rayons colorés dont les uns sont réfléchis, tandis que les autres traversent la plaque. On peut observer distinctement ce phénomene en posant l'un sur l'autre des verres objectifs de très-longs télescopes, qui faisant des portions de grandes spheres, sont convexes & ne se touchent qu'en un point; de maniere que l'air intercepté entre ces deux verres, forme un disque mince dont l'épaisseur va en augmentant à proportion qu'on s'éloigne du point de contact. La lumiere tombant sur le verre supérieur, un œil placé au dessus de ce verre, observera une tache noire au point de contact: cette tache sera environnée de plusieurs anneaux différemment colorés, & un peu séparés les uns des autres par des intervalles d'un blanc simplement lumineux. Les anneaux, en commençant par celui qui est le plus près de la tache ronde qui occupe le centre, ou plutôt en regardant la tache ronde qu'on voit au centre comme un anneau, sont disposés dans l'ordre suivant: noir, bleu, blanc,

jaune, rouge, violet, bleu, verd, jaune, rouge, pourpre-bleu, verd, jaune, rouge, verd, rouge. Il y a encore plusieurs autres anneaux obscurs & foibles qui s'éloignent davantage du centre. Tous les anneaux dont nous venons de parler, sont produits par la réflexion des rayons; mais si on regarde ces verres en sens contraire, de maniere que les rayons qui les auront traversés, tombent sur l'œil, on remarquera des anneaux colorés dans les endroits où les anneaux précédens étoient séparés les uns des autres: ces anneaux, en commençant par le milieu, seront disposés dans l'ordre qui suit: blanc, rouge, jaunâtre, noir, violet, bleu, blanc, jaune, rouge, violet, bleu; verd, jaune, rouge, verd, bleu pâle, rouge, verd, bleu pâle, &c. Il est visible que ces couleurs ne dépendent que de la différente épaisseur de la lame d'air aux points où elles paroissent; car si on fait glisser une goutte d'eau entre les deux verres dans les endroits où ces anneaux se font remarquer, elle les entourera, détruira les couleurs de ceux qui sont les plus exté-

rieurs, resserrera les autres, & changera l'ordre dont nous venons de parler.

24. Souvent même l'eau est attirée par le verre avec tant de force qu'elle forme une lame trop épaisse pour produire des anneaux colorés. On peut observer différens phénomenes en versant une grosse goutte d'esprit de vin, rectifié sur l'un des objectifs, à l'endroit où il doit toucher l'autre, en comprimant ensuite ces verres l'un contre l'autre, & variant la pression en différens sens, de maniere que l'espace qu'ils laissent entr'eux change de dimension; on verra naître plusieurs anneaux. On produit aussi de semblables anneaux fort amples & colorés, lorsqu'on verse dans l'espace que ces verres laissent supérieurement, de l'eau dans laquelle on a fait fondre du savon noir; car si on varie alternativement la pression vers la partie supérieure & inférieure de ces verres, lorsque le liquide sera parvenu vers le milieu de cet espace, les anneaux colorés paroîtront dans la partie de la liqueur qui sera adhérente aux surfaces, à

l'endroit où les verres seront séparés l'un de l'autre. Quelquefois les anneaux ne se forment point, ce qui dépend en partie des ordures qui couvrent les surfaces des verres, & en partie des sels qui entrent dans leur composition, & qui sont tombés en efflorescence; ces deux causes produisent sur les surfaces de ces verres des aspérités qui les empêchent de s'approcher assez, pour que les anneaux puissent se former dans la lame d'air interceptée. C'est pourquoi si après avoir essuyé les verres avec un linge sec & propre, les anneaux ne paroissent pas, on les lavera avec de l'esprit de vin, & les ayant ensuite essuyés avec un linge, on verra naître les anneaux si-tôt qu'on les appliquera l'un sur l'autre. Si dans une chambre obscure on dirige successivement les couleurs du prisme sur les anneaux colorés dont on vient de parler, ayant soin de regarder obliquement, comme si on vouloit observer la lumiere réfléchie par un miroir; on remarquera que les anneaux colorés seront en plus grand nombre; mais ils conserveront encore leur couleur;



parce que la couleur des rayons primitifs eſt homogene & immuable ; outre cela on obſervera du noir dans les endroits où les anneaux étoient auparavant éloignés ; parce que toute la lumiere y paſſe librement : c'eſt pour cette raiſon que ſi on place un papier blanc ſous ces verres, à quelque diſtance de la table, on verra ſur ce papier des anneaux colorés produits par la lumiere qui traverſe les verres ; ſi on meſure le diametre de chaque anneau coloré, on trouvera que les quarrés de ces diametres ſont entr'eux comme les nombres impairs 1, 3, 5, &c. tandis que ceux des diametres des anneaux noirs, ſont entr'eux comme les nombres 2, 4, 6, &c. Les épaiſſeurs de ces anneaux, c'eſt-à-dire les épaiſſeurs de la lame d'air dont ces anneaux ſont formés, ſuivent auſſi les mêmes rapports dont nous venons de parler, enſorte que ces épaiſſeurs ſont entr'elles comme les nombres pairs & impairs qu'on vient d'indiquer (1).

---

(1) Nous ne devons pas paſſer ſous ſilence un phénomene qui a beaucoup exercé

25. On obſerve auſſi cette variété d'anneaux colorés dans ces bulles d'eau, qu'on forme avec du ſavon détrempé : les couleurs commencent

---

les Phyſiciens, & qui eſt très-digne de leur attention : ce ſont les *accès de facile tranſmiſſion & de facile réflexion*. Il y a dans chaque rayon de lumiere des diſpoſitions alternatives, dans l'une deſquelles après être arrivé à la ſurface qui ſépare deux milieux hétérogenes, il ſe réfléchit, tandis qu'il eſt tranſmis dans l'autre, ce que l'on appelle les *accès de facile réflexion & de facile tranſmiſſion*, avec des intervalles d'accès après leſquels reviennent les diſpoſitions favorables à la réflexion ou à la tranſmiſſion. C'eſt de ces intervalles différens ſelon les milieux, l'inclinaiſon d'incidence & la couleur des rayons, que paroiſſent dépendre tous les phénomenes des lames minces, les couleurs naturelles & changeantes, comme auſſi les couleurs des lames épaiſſes des corps, & enfin la diffraction qui fait que les rayons qui paſſent auprès des tranchans & des pointes des corps, ſe fléchiſſent, & que ceux qui ont des couleurs & des réfrangibilités différentes, forment auſſi des angles différens.

Dans une lame d'air interceptée entre les objectifs de longs téleſcopes, les anneaux colorés qui répondent aux épaiſſeurs exprimées par les nombres impairs 1, 3, 5, 7, &c. brillent avec beaucoup de vivacité. Mais

à ſe faire remarquer dans la lame extérieure & huileuſe, produite par l'huile du ſavon, quelquefois ſous la forme d'anneaux qui paroiſſent tantôt

---

les profondeurs de la lame dans les endroits où les anneaux ſont les plus obſcurs & les couleurs tranſmiſes, ſont comme les nombres o, 2, 4, 6, &c. prenant pour o l'épaiſſeur bien petite qu'a la lame d'air au point où paroît une tache noire, qui ne ſuppoſe ſûrement pas un vrai contract mathématique qui n'a pas lieu dans la nature. On voit donc que tous les rayons ſont tranſmis dans l'endroit où la lame d'air n'a qu'une profondeur nulle, ou ſi l'on veut n'a qu'une profondeur infiniment petite ; qu'ils ſont réfléchis là où cette lame a une certaine épaiſſeur que nous déſignons par 1 ; cette profondeur devenant double, les rayons ſont de nouveau tranſmis ; ſi la profondeur devient triple ; ils ſeront réfléchis, & ainſi de ſuite. Mais en faiſant tomber ſucceſſivement & ſéparément les rayons rouges, orangés, jaunes, &c. après les avoir ſéparés par le priſme, ſur les verres dont on vient de parler, ou encore ſur deux verres dont l'un ſeroit plan & dont l'autre ſeroit un objectif d'un long téleſcope qui ne toucheroit le verre plan que par un point, on remarquera, que les anneaux violets ne ſe forment pas aux mêmes endroits que les anneaux bleus ; que ceux-ci ne paroiſſent pas aux endroits qu'occupent les rouges, &c. Cependant les

ascendans, tantôt descendans, lorsque la bulle se contracte; d'autres fois les couleurs embrassent seulement quelques espaces : lorsqu'elles

---

épaisseurs de la lame d'air seront pour les anneaux violets, bleus, &c. séparément, comme les nombres impaires 1, 3, 5, &c; & entre ces anneaux il y en aura d'obscurs qui répondront aux profondeurs 0, 2, 4, &c. qui transmettront la lumiere & ne la réfléchiront pas. Bien plus la lumiere ne sera pas réfléchie avant d'entrer dans la lame d'air comme on pourroit le penser; elle sera repoussée du voisinage de la surface inférieure de cette lame, comme le font voir les expériences qu'on a faites avec des lames tirées de la *pierre Spéculaire*, qui changent de couleur selon que l'épaisseur est différente; parce qu'à une profondeur différente les rayons d'une certaine espece sont réfléchis, tandis que ceux des autres especes sont transmis. Ajoutons encore qu'en comprimant les verres dont nous venons de parler, les anneaux s'étendent, & leur diametre augmente; ce qu'on ne peut attribuer qu'à l'épaisseur de la lame d'air qui devient plus mince aux mêmes distances du centre; de maniere que pour obtenir la même épaisseur & la même couleur, il est nécessaire que la circonférence de l'anneau qui doit donner cette couleur, s'éloigne un peu de la tache noire qui forme le centre des anneaux.

varient & qu'elles descendent, elles font place à d'autres qui paroissent prendre naissance à la partie supérieure : les couleurs se mêlent en-

---

Si l'on regarde les anneaux en faisant varier la position de l'œil, ils augmenteront quand l'obliquité de la ligne menée de l'œil aux anneaux augmentera ; & diminueront si elle diminue ; parce qu'alors l'on voit des anneaux formés par d'autres rayons qui sont tombés sur la lame aérienne, & qui parviennent à l'œil sous la même obliquité qu'ils ont rencontré la surface antérieure du premier verre.

Plus la réfrangibilité d'un rayon est petite, plus l'épaisseur de la lame de verre qui le réfléchit après un certain nombre d'accès, doit être considérable; c'est, dit-on, la raison pour laquelle les anneaux violets sont plus étroits que les verds, parce que ceux-ci ne peuvent être réfléchis que par une lame aérienne plus épaisse. Mais, quoi qu'il en soit de ce raisonnement, comme les rayons d'une même espece, tels que les rouges par exemple, ne sont pas tous du même ordre, & qu'ils ont des réfrangibilités différentes, ainsi que l'expérience le démontre, la même profondeur qui pourra repousser quelques rayons rouges, laissera passer les autres : ce qu'on dit des rayons rouges doit s'entendre des jaunes, verds, bleus, &c. Les Physiciens appellent *couleur du premier ordre*, une couleur homogene, (par exemple la rouge), dont une lame

ſuite vers cet endroit; enfin ces bulles éclatent & ſe diſſipent. Tandis que l'épaiſſeur de ces bulles eſt la même dans toute leur étendue, elles ne ſont

---

réfléchit tous les rayons; la couleur du *ſecond ordre* eſt produite par des rayons réfléchis, par une lame dont l'épaiſſeur eſt trois fois moindre; & ſi l'épaiſſeur de la lame qui réfléchit les rayons eſt cinq fois moindre, la couleur ſera du troiſieme ordre. Celle du premier ordre eſt la plus vive; celle du ſecond eſt plus vive que celle du troiſieme. De tout cela nous devons conclure que non ſeulement les rayons d'eſpece différente, auſſi-bien que ceux d'une même eſpece, mais de différens ordres, ont des intervalles inégaux d'accès, ſoit pour la réflexion ou pour la tranſmiſſion; de maniere que ſi les rayons violets les plus réfrangibles ont dans un certain point la diſpoſition favorable à la réflexion, les autres rayons violets ne l'auront pas dans le même endroit. C'eſt pourquoi le changement de milieu qui ne ſuffira pas à changer la couleur, pourra cependant la rendre moins vive & changer ſa vivacité, comme on l'obſerve dans une lame de la pierre ſpéculaire, dont l'intenſité de la couleur eſt différente ſelon qu'elle touche l'air ou l'eau. Lorſque la denſité des milieux voiſins de l'air & de la pierre ſpéculaire, par exemple, eſt fort différente, la force réfléchiſſante eſt ſi grande qu'elle repouſſe les rayons même qui ſont dans une diſpoſition éloignée de la facile réflexion; mais en répan-

point colorées; mais auſſi-tôt que la partie huileuſe ſe ſépare de la partie aqueuſe, elle diviſe la lumiere en ſept différentes couleurs & paroît elle-même ſous différentes couleurs, dans

---

dant de l'eau ſur la ſurface de la lame, la différence de denſité devient plus petite, & pluſieurs rayons qui étoient réfléchis, ſont maintenant tranſmis. Lorſque les lames ſont un peu épaiſſes, les accès de facile réflexion & de facile tranſmiſſion ſont tellement mêlés, qu'on ne peut plus obſerver les phénomenes dont nous venons de parler. Cependant il arrive ſouvent qu'une lame de même profondeur réfléchit des rayons de différentes couleurs; puiſqu'une même lame aérienne réfléchit le rayon violet du troiſieme ordre, & le rouge du ſecond. Mais quelle que ſoit la cauſe de ces accès, il paroît que ces diſpoſitions dépendent du paſſage par la ſurface réfringente; & nous expliquerons dans la ſuite pourquoi ces diſpoſitions forcent un rayon à ſe réfléchir plutôt qu'à paſſer au-delà ou réciproquement. Mais il eſt bon de faire attention qu'un rayon n'eſt jamais réflexi par le ſeul effet de cette diſpoſition, la ſeule différence des forces réfractives de deux milieux, pouvant produire ce phénomene. C'eſt pourquoi ſi un nouveau milieu s'offre à un rayon qui a une diſpoſition favorable à la tranſmiſſion, il paſſera outre, pourvu néanmoins que la force répulſive ne ſoit pas aſſez conſidérable pour éteindre ſon

les endroits où son épaisseur varie: cette épaisseur augmente continuellement, parce que l'huile se sépare de plus en plus de l'eau, descend

---

mouvement & en produire un contraire. Il pourra de même être transmis, quoiqu'il soit dans une disposition favorable à la réflexion, si la force répulsive du nouveau milieu ne peut éteindre toute sa vîtesse.

Il paroît, par les expériences de Newton, qu'une partie des rayons rouges qui parviennent à la surface d'un miroir concave dont le demi diametre soit d'environ six pieds, & dont la surface postérieure est couverte de mercure, est réfléchie, tandis que ceux qui se trouvent dans les accès de facile transmission sont transmis, les autres étant réflexis ou transmis sans aucune loi certaine. Plusieurs de ceux qui ont été transmis, étant arrivés au voisinage du mercure, se trouveront dans des accès de facile transmission, & pénetreront dans ce demi-métal, d'autres se trouveront dans les dispositions de facile réflexion, & seront repoussés; d'autres enfin seront réflexis ou transmis, sans suivre une certaine loi dépendante de la disposition à la transmission ou à la réflexion. Mais, selon l'obliquité différente, les rayons qui pénetreront dans la substance du miroir, auront plus ou moins d'espace à parcourir; & selon la longueur de cet espace, les uns seront dans des accès de facile transmission, tandis qu'à quelque

vers la partie inférieure, & vient augmenter l'épaiſſeur de la lame huileuſe; ainſi la couleur dépend de l'épaiſſeur, & nullement du milieu

---

diſtance de-là, il y en aura qui arriveront au mercure dans les accès de facile réflexion; & ce ſera à peu près la même choſe que ſi le miroir étoit partagé en anneaux concentriques d'épaiſſeur différente; c'eſt pourquoi il s'y formera des anneaux colorés qu'on pourra remarquer en plaçant l'œil d'une maniere convenable, lorſque la lumiere foible qui traverſe les nuages, tombe ſur un tel miroir d'une certaine grandeur, ou bien encore en faiſant tomber dans un lieu obſcur, un rayon ſolaire qui a paſſé à travers un trou fait à un papier blanc, ſur le centre du miroir, & recevant la lumiere réfléchie ſur le papier placé à la diſtance environ du demi-diametre de ce miroir.

Si nous ſuppoſons que les globules de différentes couleurs ſont auſſi compoſés d'un nombre différent de points différemment arrangés, on pourra imaginer que tous les points d'un même globule n'ont pas été à leur départ du ſoleil également expoſés à l'action des points repouſſans; de maniere que les uns ayant reçu plus de vîteſſe que les autres, ils s'en ſeroient ſéparés, ſi les forces qui les uniſſent avoient été anéanties. Il eſt arrivé de-là que les points qui avoient reçu plus de vîteſſe, ont d'abord entraîné les autres en s'en écartant

ambiant. Si on applique deux morceaux de glace qu'on a auparavant lavés avec de l'esprit de vin rectifié, afin de nettoyer parfaitement leur

---

un peu ; mais les forces attractives ont bientôt obligé ces points de se rapprocher les uns des autres, de maniere que leurs distances sont devenues plus petites qu'auparavant ; alors la force répulsive les a écartés au-delà des limites naturelles ; mais la force attractive les a rapprochés, & ainsi de suite ; ensorte que dans les oscillations qui persistent à travers les milieux différens que la lumiere traverse, les globules s'allongent tantôt dans un sens, tantôt dans un autre. On peut donc concevoir qu'il y a dans un globule de lumiere des accès d'allongement & de contraction ; mais comme les pendules qui oscillent ont moins de vitesse vers les exrêmités des arcs qu'ils décrivent, & plus de vîtesse quand ils sont arrivés à la verticale, de même le temps pendant lequel le globule reste dans l'état d'allongement, les points qui se trouvent vers les extrêmités du diametre dans lequel se fait cet allongement, étant beaucoup plus écartés qu'ils ne le seroient dans l'état naturel, ce temps, dis-je, peut être beaucoup plus grand que celui qui répond à l'état moyen de contraction, dans lequel la figure du globule differe peu de la naturelle. Ce qu'on vient de dire de l'état d'allongement doit aussi s'entendre de celui de plus grande contrac-

ſurface, & qu'on a frottés enſuite avec de la laine chaude, en les faiſant un peu chauffer ſur des charbons bien allumés, afin que le feu

---

tion, dans lequel les points ſe rapprochent pour s'éloigner enſuite. Mais comme les petites vibrations d'un pendule ſont égales, celles d'un globule le ſeront de même; enſorte qu'il ſe trouvera, après des intervalles égaux de temps dans l'état moyen, entre la plus grande contraction & le plus grand allongement; & les forces que les molécules du milieu exerceront ſur ce globule, ne ſeront pas les mêmes dans ces différens états. Imaginons maintenant qu'un globule arrive à la ſurface qui ſépare deux milieux hétérogenes, & qu'il entre dans l'épaiſſeur du plan dans lequel agit la force qui trouble le mouvement des rayons. Si un certain état moyen de contraction eſt ſuppoſé le plus favorable à la réflexion, celui de plus grande dilatation ou de plus grande contraction étant celui de la plus facile tranſmiſſion, il eſt viſible que notre globule rebrouſſera ſon chemin, ou entrera dans le milieu, ſelon qu'il ſe trouvera dans l'un ou l'autre de ces états: j'appellerai *états extrêmes* ceux de plus grande dilatation & de plus grande contraction; *état moyen* celui de contraction moyenne. Si le globule ſe trouvant vers un des états extrêmes, paſſe dans l'épaiſſeur dont nous venons de parler, & que les forces du milieu, en le détournant de ſon

ait une certaine pureté ; si, dis-je, on applique un de ces morceaux de glace sur une table, & qu'on pose ensuite l'autre sur celui-là, de ma-

---

chemin, plient tellement son mouvement que la courbe devienne parallele à la surface réfringente, tandis que les forces répulsives agissent encore, le globule rebroussera son chemin, (en décrivant une courbe dont la nature dépendra de la vîtesse parallele à la surface réfringente, & de la nature de la force répulsive), & sortira du milieu dans lequel il étoit entré. La distance entre la surface de ce milieu & le point où la courbe est devenue parallele à cette surface, détermine un intervalle de réflexion. Si le globule parvenu à l'extrêmité de cet intervalle avoit perdu toute sa vîtesse parallele, (ce cas est infiniment improbable & ne doit jamais arriver), le globule seroit repoussé selon une ligne perpendiculaire au plan dans lequel il se trouve. Si le globule se trouve dans l'état qui lui permet de franchir l'intervalle dans lequel agit la force repoussante du milieu, il passera au-delà & aura un accès de facile transmission. Mais il est visible que, selon la nature du milieu & l'inclinaison différente, l'état qui fait la facile réflexion ou la facile transmission, doit se trouver dans plus ou moins de globules ; c'est pourquoi, selon les différentes circonstances & les forces attractives & répulsives du milieu, le rapport de la

niere que les bords de l'un répondent aux bords de l'autre, & qu'en preſſant le morceau ſupérieur contre l'inférieur, on le faſſe mouvoir len-

---

quantité de lumiere réflechie à celle qui eſt tranſmiſe, ſera très-différent. Il n'eſt pas ſurprenant que les rayons de différentes couleurs aient des intervalles différens. Car leurs vîteſſes différentes, la diſpoſition & le nombre des points qui compoſent leur globules, exigent des intervalles différens entre les accès oppoſés, & ces accès doivent revenir dans des intervalles égaux de temps, déterminés par les durées différentes des oſcillations des globules de différentes couleurs. Il eſt encore facile de concevoir que dans différens milieux les globules de même nature doivent avoir des intervalles différens, puiſque leurs vîteſſes changent dans ces milieux, & que l'action des forces différentes peut altérer & même changer l'ordre de leurs oſcillations.

A l'égard des molécules lumineuſes qui ſe trouvent dans les états intermédiaires entre les diſpoſitions à la facile tranſmiſſion & à la facile réflexion, lorſqu'elles ſont arrivées dans l'eſpace dans lequel doit ſe faire la réflexion ou la tranſmiſſion, elles peuvent éprouver l'action des forces attractives & répulſives des molécules du milieu réfringent, qui augmentera ou diminuera leur vîteſſe perpendiculaire, plus ou moins, ſelon que l'arrangement & la ſituation reſ-

tement ſur celui-ci ; on obſervera de petites franges de différentes couleurs & de différentes figures, poſées les unes à côté des autres. Ce

---

pective des points qui les compoſent, changera dans cet eſpace ; enſorte que ces globules ſe réfléchiront, ou ſe réfracteront, de maniere que l'angle de réflexion ne ſera pas égal à celui d'incidence, & que les ſinus de l'angle de réfraction ne ſuivront aucune loi certaine.

M. Newton, dans ſon Optique, (l. 2, part. 3, prop. 12), penſe que la lumiere produit dans les ſurfaces réfringentes ou réfléchiſſantes des vibrations qui ſe propagent dans les milieux réfléchiſſans ou réfringens, comme celles qui donnent le ſon ſe tranſmettent dans l'air, & qu'elles ont plus de vîteſſe que les rayons eux-mêmes. Si un globule de lumiere rencontre la ſurface dans cette partie de la vibration qui eſt favorable à ſon mouvement, il ſera tranſmis ; s'il la rencontre au contraire dans cette partie de la vibration qui eſt contraire à ſon mouvement, il ſera réfléchi. Mais ce grand homme auroit pu faire attention que quand un rayon blanc de lumiere parvient au contact phyſique avec une lame, certains rayons ſont tranſmis, & les autres réfléchis, ſelon que la profondeur de la lame eſt différente, quoiqu'ils rencontrent tous les mêmes vibrations du milieu. D'autre côté, les divers filets colorés ont différens accès, quoiqu'ils

phénomene doit être attribué à la lame d'air, interceptée entre les deux morceaux de glace, & qui a différentes épaisseurs dans différens points de son étendue, parce que les verres ne sont pas parfaitement polis, qu'ils sont remplis de cavités & d'éminences.

26. Les couleurs dont on se sert dans la peinture, ne sont autre chose que de petits corpuscules qu'on peut regarder comme des lames minces, propres à réfléchir certaines especes de rayons. Les teintures font donc paroître différentes couleurs, suivant les différens degrés d'épaisseur de leurs molécules; aussi la même couleur nous paroît différente, plus vive ou plus rude, selon que les parties de la teinture sont plus ou moins épaisses. Le cinabre en masse est d'un

---

arrivent en même temps au même lieu, ce qui renverse entierement l'opinion du Philosophe Anglois. Il y a cependant apparence que la disposition à ces sortes d'accès, peut varier par l'action mutuelle des globules lumineux, lorsqu'ils s'approchent de trop près les uns des autres, & au foyer des verres & des miroirs ardens.

rouge foncé; mais il paroît être d'un beau rouge, lorsqu'il est réduit en poudre un peu plus grossiere; si on le porphirise avec de l'eau, & qu'on diminue l'épaisseur de ses parties, il tire sur l'orangé; mais si on le détrempe avec de l'huile de térébenthine, de lin ou de pavot, on lui rendra l'éclat qu'il a perdu, & il reviendra d'un très-beau rouge. Les croisées des bâtimens récemment peintes avec du verd-de-gris, paroissent d'un verd tirant sur le bleu: mais les parties huileuses se dissipant ensuite, tout le bleu disparoît, il ne reste qu'une couleur verte, parce que les molécules cuivreuses du verd-de-gris sont alors plus rapprochées; mais quelques années après toute la partie huileuse étant presqu'entierement expulsée, la couleur devient plus rude. Si l'on fait macérer l'indigo dans l'eau avec de la chaux, on obtient une liqueur verte, qui étant mise sur le feu dans une chaudiere, teint en verd un étoffe sans couleur qu'on fait bouillir dedans. Si ensuite ayant fait refroidir cette étoffe dans l'eau froide, on la bat avec des mar-

teaux de bois plans, la couleur verte devient bleue; & si on trempe ensuite cette étoffe dans l'eau chaude, la couleur bleue en sera plus gracieuse. Un papier inégal & raboteux, est plus blanc que le même papier, lorsqu'il est lissé & poli; parce qu'en polissant le papier, on comprime & on rend plus minces les parties extérieures de sa surface. L'argent poli est beaucoup moins blanc que celui dont la surface est raboteuse. Le sable qui est jaune par rapport aux parties ferrugineuses qu'il contient, devient rouge, lorsqu'on le brûle; l'ocre jaune rougit au feu; une topaze jaune du Brésil, placée dans un creuset rempli de cendres, & exposée à un feu violent, se change en rubis de couleur rouge: en faisant cuire des écrevisses, on leur donne une couleur rouge. Ces sortes de phénomenes nous font voir que le feu change l'épaisseur des parties de certains corps exposés à son action, ce qui produit un changement dans leurs couleurs.

27. Plusieurs couleurs mêlées ensemble peuvent former un mixte d'une couleur toute différente; parce

que les parties de ce mixte auront une épaiſſeur & une denſité différente de celles de chacune des couleurs en particulier : ſi on détrempe avec l'eau ou avec de l'huile, & qu'on mêle enſemble une couleur bleue & une jaune, les corps ſur leſquels on appliquera ce mêlange, paroîtront d'une couleur verte. Le rouge & le jaune mêlés enſembles donnent l'orangé ; la combinaiſon du bleu avec le jaune produit le verd ; mais l'orangé & le verd ne produiſent point le jaune, qui eſt une couleur intermédiaire ; parce que dans ce dernier mêlange, les parties conſtituantes n'ont point l'épaiſſeur requiſe pour la couleur jaune. Si un corps réfléchit des rayons d'une certaine couleur, & qu'il laiſſe paſſer ceux d'une autre couleur, il paroîtra avoir des couleurs différentes, ſelon qu'on le verra par des rayons réfléchis, ou par ceux qu'il tranſmet. Si on met dans une fiole une infuſion de bois néphrétique, récemment coupé, (car ſa qualité diminue & ſe détruit par ſa veſtuté), faite dans l'eau, un Obſervateur qui tient à la main cette fiole,

fiole, ayant le dos tourné contre la fenêtre, la voit opaque & d'une couleur bleue, par le moyen des rayons qui viennent de la fenêtre, & qui se réfléchissent vers son œil (1); tandis que cette même fiole exposée au grand jour, lorsque le temps est bien serein, paroît limpide & sans couleur. Si l'Observateur la regarde de côté, cette teinture lui paroîtra verte, & si la fiole est placée entre l'œil & la lumiere, la liqueur paroît transparente & orangée, ou d'un rouge brun. Si l'on verse dans cette teinture un peu d'esprit ou d'huile de vitriol, ou un peu d'eau-forte, ces dissolvans changeront la figure & l'épaisseur des molécules du bois néphrétique, de maniere que la liqueur paroîtra sous une couleur d'or, soit qu'on la regarde par la lumiere transmise, ou par les rayons réfléchis. Il y a sur les côtes d'Aunis un limaçon qui porte sur le col une

(1) Les rayons bleus & peut-être les verds étant les seuls qui peuvent traverser une feuille d'or, ne peut-on pas penser que les atomes bleus & verds sont les plus petits de tous?

grosse veine d'un blanc tirant sur le jaune, dans laquelle on trouve une liqueur épaisse, & un peu visqueuse qui ressemble par sa couleur à une eau sale; dès qu'elle a été exposée quelques instans au grand air, elle devient d'un très-beau pourpre, & le linge qui en est taché ne se déteint point à un blanchissage ordinaire. Le sang & le chyle de l'homme different entr'eux par la couleur; cependant le chyle, après avoir circulé pendant quelque temps dans les veines & les arteres, dépose sa couleur blanche, & ses molécules deviennent d'un très-beau rouge; parce que les particules qui composent les globules sanguins, acquierent l'épaisseur nécessaire pour réfléchir les rayons rouges. Les fruits qui rougissent en mûrissant, soit en partie comme la pêche, soit en entier comme la groseille, la cerise, nous montrent aussi un passage immédiat d'une couleur à l'autre. L'impression de l'air contribue aussi à la couleur bleue; car l'abbé Nollet a observé que l'esprit volatil de sel ammoniac, qui tire du cuivre cette belle couleur, n'en

paroiſſoit pas teint dans un tube de verre bien fermé, au fond duquel il y avoit pluſieurs petits morceaux de cuivre rouge ; mais ayant verſé le tout dans un petit vaſe ouvert qu'il agita un peu, la teinture ſe forma parfaitement.

Les Aſtronomes enfument les verres à travers leſquels ils regardent le ſoleil ; afin que l'œil ne ſoit pas bleſſé par le trop grand éclat des rayons. Cet aſtre paroît alors d'un jaune tirant ſur le rouge, parce que de toutes les eſpeces de lumieres qui en émanent, celles de ces deux couleurs ſont les plus fortes ; elles percent des épaiſſeurs dans leſquelles les autres s'éteignent. En certains temps de brouillards le ſoleil paroît d'un rouge de ſang ; & la pleine lune à ſon lever a preſque toujours cette couleur, à cauſe des vapeurs qui regnent ordinairement près de la ſurface de la terre, & qui arrêtant preſque tous les rayons foibles, ne nous laiſſent appercevoir les aſtres que par les rouges, (qui ſont les plus forts), mêlés d'une petite quantité des autres.

Des feuilles d'or très-minces, placées entre deux lames de verre, paroiſſent jaunes, lorſqu'on les regarde par le moyen de la lumiere qu'elles réfléchiſſent; mais on les voit, dit-on, bleuâtres ou verdâtres à l'aide des rayons qu'elles tranſmettent. Si l'on verſe ſur la teinture de roſes rouges par l'eſprit de vin, quelques gouttes d'eſprit ou d'huile de vitriol, d'huile de ſoufre, d'eſprit de ſel marin, d'eſprit de nitre, ce mêlange donnera un rouge fort vif. La teinture des roſes rouges avec l'huile de tartre par défaillance, ou avec l'eſprit de ſel ammoniac, produit du verd. L'eſprit d'urine & la teinture de roſes rouges forme du bleu. L'orangé eſt produit par le mêlange de la ſolution du ſublimé avec de l'eau de chaux, & la ſolution de mercure avec l'huile de tartre par défaillance, forme le jaune. La teinture de roſes devient d'un beau rouge par l'addition de l'eſprit de vitriol : elle prend enſuite une couleur verte, ſi l'on y ajoute de l'eſprit de ſel ammoniac; enfin elle reprend ſa couleur rouge, en verſant ſur le mêlange de l'huile de vitriol. La ſolution de noix de Galles, mê-

lée avec le vitriol, produit du noir, qui disparoît lorsqu'on verse par-dessus de l'huile de vitriol, ce qui rend au mêlange sa premiere transparence; une petite quantité d'astringent mêlée avec du fer, produit du noir; si on ajoute une plus grande quantité d'astringent, il en résulte une couleur bleue: si la dose d'astringent est plus forte, on obtient du violet; si l'on augmente encore la dose, on aura du pourpre. Cette production & ce changement de couleurs dépendent de la différente grandeur des particules qui flottent dans le dissolvant; car les différens sels alkalis ou acides s'unissent aux particules des teintures qu'ils atténuent ou qu'ils épaississent. La teinture d'orseille (1), faite avec de l'eau ou avec de l'esprit de vin, mêlé avec de la chaux & un sel urineux; cette teinture, dis-je, renfermée dans un tube

(1) C'est une espece de mousse qu'on tire des Canaries, & en la préparant avec l'urine & l'eau de chaux, on en fait une pâte qui, délayée dans de l'eau, sert à teindre les étoffes communes de laine, & les serges dont s'habillent les gens de la campagne.

de verre qu'on ferme enſuite hermétiquement, perd ſa couleur rouge en peu de jours : ſi on ouvre alors la partie ſupérieure du tube, & qu'on introduiſe par ce moyen du nouvel air, on verra la couleur renaître ; mais ſi on ne fait qu'une très-petite ouverrure au tube qui ne permette à l'air de s'introduire que très-lentement, à peine voit-on renaître la couleur, ou au moins elle ne ſe fait remarquer que long-temps après : cette couleur paroît dépendre des ſels qui flottent dans l'athmoſphere, leſquels pénétrant cette teinture, lui conſervent ſa couleur ; mais elle ſe détruit lorſque ces ſels ne peuvent plus ſe mêler avec la liqueur.

28. Si on fait diſſoudre de la litharge dans du vinaigre diſtillé, les caracteres qu'on aura tracés avec cette liqueur, & qu'on aura laiſſés ſécher à l'ombre, diſparoîtront ; mais ſi après avoir fait fondre de l'orpiment dans de l'eau de chaux, on trempe un pinceau dans cette ſeconde liqueur, & qu'on en frotte l'écriture dont ont vient de parler, les parties de la litharge s'uniſſant avec celles

de l'orpiment, paroîtront d'abord jaunes, enſuite noires, & on pourra lire cette écriture. Mais ſi l'on paſſe enſuite deſſus de l'eau-forte, elle diſparoîtra.

29. Faites une liqueur avec cinq parties d'eau, & une partie de la diſſolution de l'or dans l'eau régale; faites pareillement une autre liqueur d'une partie de la diſſolution de l'étain dans l'eau régale, avec cinq parties d'eau; écrivez enſuite avec la premiere liqueur, vous ſervant d'une plume neuve; ſi vous expoſez l'écriture à l'ombre pendant quelque temps, elle diſparoîtra : paſſez alors pardeſſus de la ſeconde liqueur; l'écriture deviendra liſible, & les lettres ſeront de couleur de pourpre. Si on fait diſſoudre dans de l'eau-forte de la mine de Zinc, de Biſmuth ou de Cobalt, & qu'on étende cette diſſolution dans de l'eau, ayant ſoin enſuite d'y ajouter du ſel marin, ſi lorſqu'elle ſera repoſée on s'en ſert pour tracer différens caracteres, les lettres ne ſeront point viſibles tant qu'elles ſeront froides; mais lorſqu'on les ſera chauffer, elles paroî-

tront bleues (1); parce que le principe inflammable où le phlogiſtique, en s'uniſſant à la terre du Biſmuth, en partie calcinée par l'acide nitreux, reſſuſcite cette terre métallique, & la noircit d'autant plus qu'il s'y trouve en plus grande quantité. Mais ſi l'on chauffe trop les payſages ou les autres objets qu'on a deſſinés ſur un papier avec cette encre de ſympathie, ils reſtent viſibles, & ne diſparoiſſent plus, quoiqu'on faſſe refroidir le papier.

30. Lorſqu'on expoſe certains corps colorés à un rayon de lumiere qu'on a ſéparés des autres, par le

(1) Il y a quelques années qu'on vendoit à Paris des écrans ſur leſquels on avoit tracé avec ces ſortes de liqueurs, différentes écritures, ou des repréſentations d'animaux qui n'étoient point viſibles; mais qui ſe faiſoient remarquer auſſi-tôt qu'on les approchoit du feu; une dame étoit ſurpriſe de voir paroître tout à coup la figure d'un animal, d'un loup, d'un lion, ou de lire un compliment, qu'elle n'avoit pas d'abord apperçu; elle jettoit l'écran, qui en ſe refroidiſſant faiſoit diſparoître tout ce qu'elle venoit d'appercevoir; on lui diſoit qu'elle s'étoit trompée, & que ſans doute elle avoit une attaque de vapeurs.

moyen du prisme, on observe quelquefois une troisieme couleur, si ce rayon n'est pas bien pur. C'est ainsi que le minium exposé à un rayon verd, paroît jaune, ou d'une couleur moyenne entre le jaune & le verd, selon que le rayon est plus ou moins composé. Les queues des paons, comme les gorges des pigeons, paroissent de différentes couleurs, selon la différente position de l'œil, par la même raison que la lame d'air interceptée entre les verres dont nous avons parlé ci-dessus, présente des anneaux dont la couleur varie selon la position de l'œil qui les observe. Le vin rouge contenu dans un verre ordinaire, & placé entre la lumiere & l'œil, paroît auprès du fond d'un jaune pâle, un peu plus haut d'une couleur d'or, ensuite rouge, & enfin d'un rouge obscur, lorsque le diametre du verre est fort considérable.

On comprendra la raison de ce phénomene, si l'on fait attention qu'un corps quelconque réfléchit & transmet les rayons de toutes les couleurs; mais non pas toutes les

especes avec la même facilité, & que selon que les rayons d'une certaine couleur sont réfléchis, ou transmis en plus grande abondance que les autres, le corps paroît de cette couleur. C'est ainsi qu'un corps rouge réfléchit les rayons rouges en plus grande abondance que les autres, tandis qu'un corps violet ne renvoie presque que des rayons violets. Le vin dont nous venons de parler, intercepte facilement les rayons violets & les pourpres, plus difficilement les bleus, très-difficilement les verds. C'est pourquoi si l'épaisseur est suffisante pour absorber la plupart des globules violets & pourpres, le mêlange des autres rayons transmis formera un jaune pâle. L'épaisseur augmentant, la plupart des rayons bleus & une partie même des verds sont interceptés; ensorte que les autres feront voir une couleur d'or. L'épaisseur augmentant encore, les rayons rouges mêlés avec quelques rayons jaunes, & un petit nombre des verds donneront une couleur rouge, dont la teinte changera si l'épaisseur devenant plus considérable, les rayons

jaunes ſont eux-mêmes abſorbés.

Les ombres des corps, qui par leur eſſence doivent être noires, puiſqu'elles ne ſont que la privation de la lumiere, ſont toujours colorées au lever & au coucher du ſoleil, & elles paroiſſent bleues. Leonard de Vinci, dans ſon Traité de la Peinture, imprimé à Paris en 1651, a très-bien développé la raiſon de ce phénomene. Les ombres des corps, dit-il, qui viennent de la rougeur du ſoleil qui ſe couche, & qui eſt proche de l'horizon, ſeront toujours azurées : cela arrive ainſi, parce que la ſuperficie de tout corps opaque tient de la couleur du corps qui l'éclaire ; donc la blancheur de la muraille étant tout-à-fait privée de couleur, elle prend la teinte de ſon objet, c'eſt-à-dire, du ſoleil & du ciel ; & parce que le ſoleil vers le ſoir eſt d'un coloris rougeâtre, que le ciel paroît d'azur, & que les lieux où ſe trouve l'ombre ne ſont point vus du ſoleil, (puiſqu'aucun corps lumineux n'a jamais vu l'ombre du corps qu'il éclaire) ; comme les endroits de cette muraille où le ſoleil ne donne point,

ſont vus du ciel, l'ombre dérivée du ſoleil, qui ſera ſa projection ſur la muraille blanche, ſera de couleur d'azur; & le champ de cette ombre étant éclairé du ſoleil, dont la couleur eſt rougeâtre, participera à cette couleur rouge : cela veut dire que la muraille blanche ſe teint ſenſiblement de la lumiere azurée du ciel, & que cette couleur ne paroît qu'à l'endroit de l'ombre ; parce qu'ailleurs elle eſt illuminée par une lumiere plus forte qui empêche la plus foible de paroître. Si l'ombre étoit parfaite, on ne verroit aucune couleur, ou pour mieux dire, on ne verroit rien, comme quand on regarde un objet noir. Quand nous liſons un livre, ce ne ſont point les lettres qui font impreſſion ſur nos yeux, c'eſt le blanc du papier qui eſt entr'elles : & nous ne les diſtinguons que par le défaut de ſenſations qu'elles occaſionnent.

Des obſervations fréquentes ont fait connoître que les ombres ne paroiſſent jamais vertes au lever ou au coucher du ſoleil, que quand l'horizon eſt chargé de beaucoup de va-

peurs rouges. Dans les autres cas les ombres ſont bleues, & d'autant plus bleues que le ciel eſt ſerein. Cette couleur bleue des ombres n'eſt-elle pas la même que la couleur même de l'air, dont l'azur n'eſt pas ſenſible ſur une petite épaiſſeur de ce fluide? Cette opinion eſt-elle confirmée par l'obſervation qui apprend que lorſqu'on regarde de loin des objets ſombres, on les voit plus ou moins bleus? Quoi qu'il en ſoit, par les obſervations de M. l'Abbé Millot, il ſuffit que la lumiere du ſoleil rencontre très-obliquement une ſurface, pour que l'azur du ciel, dont la lumiere tombe toujours directement, s'y peigne, & colore les ombres. Cependant la poſition des lieux & d'autres circonſtances, comme la lumiere réfléchie par différens objets, & qui ſe mêle avec celle de l'ombre, peuvent faire varier ſes couleurs de mille manieres différentes. Les ombres des corps éclairés par la lune, peuvent auſſi paroître verdâtres, comme je l'ai obſervé moi-même.

Si nous en croyons l'Abbé Nollet, les ſurfaces des corps colorés ont

leurs pores remplis d'une lumiere capable de recevoir, & de rendre à des globules semblables, le mouvement qui leur est propre. Les parties de la cochenille, selon ce Physicien, sont comme autant de petites éponges abreuvées de *lumiere rubrifique*, & c'est par cette propriété que la cochenille teint la laine en rouge. Les pores alignés d'une masse de vin, renferment des suites de globules rubrifiques, qui choqués par une lumiere composée, ne transmettent que le mouvement qui appartient aux rayons de cette couleur. Le systême de ce Physicien ne paroît nullement conforme aux loix de la méchanique; parce que des globules rouges placés dans les pores d'un corps rouge, & mis en mouvement par une cause quelconque, iroient choquer les globules de toutes les especes qu'ils rencontreroient à la surface de ce corps, qui par conséquent ne nous paroîtroit pas rouge.

Le fameux Euler prétend que dans notre théorie, la lumiere réfléchie par un corps opaque devroit nous faire

appercevoir, non pas ce corps, mais le ſoleil ou tout autre corps qui envoie la lumiere, comme cela arrive dans un miroir. Mais ce Savant ne s'eſt pas apperçu que la difficulté qu'il propoſoit, n'étoit pas moins contraire à ſon ſyſtême qu'au nôtre; & que ce qu'il dit contre l'émiſſion de la lumiere, détruit également les oſcillations de ſon *æther*. Dans les miroirs, les rayons réfléchis ſont dirigés d'un côté ſelon une certaine loi & en plus grande abondance; & c'eſt pour cela que nous voyons l'image d'un objet dans une glace bien polie & bien étamée; tandis que les rayons réfléchis ſans aucune loi, par un corps qui n'eſt pas poli, entrent confuſément dans nos yeux ſans y peindre l'image des objets ſitués devant ce corps. Le même Savant ſoutient qu'un verre rouge ne pourroit, dans notre ſyſtême, paroître de la même couleur, par le moyen des rayons réfléchis, & des rayons tranſmis: penſant qu'il n'eſt pas poſſible que le même corps réfléchiſſe, & tranſmette les ſeuls rayons rouges en éteignant les autres. Mais on doit faire attention que tous

les corps réfléchissent & transmettent des rayons de toutes les couleurs, les molécules dont ils sont composés, ayant différentes épaisseurs ; ensorte que la couleur des corps n'est pas primitive & pure, mais elle est composée de toutes les autres couleurs. C'est pourquoi un corps paroît jaune lorsqu'il réfléchit les rayons jaunes en si grande abondance, que les autres ne peuvent faire aucune impression sensible. Si l'on met un verre bleu sur un verre jaune, on voit une couleur foible composée de l'une & de l'autre, qui résulte des rayons jaunes transmis par le verre bleu, & des rayons bleus transmis par le verre jaune.

CHAPITRE II.

De la Lumiere Réfléchie, ou de la Catoptrique.

31. L'EXPÉRIENCE apprend que quand un rayon de lumiere tombe sur la surface d'un corps, plusieurs de ses filets entrent dans la substance de ce corps ; qu'une partie se réflé-

chit en toute ſorte de ſens, à cauſe des aſpérités de la ſurface réfléchiſſante, tandis que les autres filets ſe réfléchiſſent en faiſant des angles de réflexion égaux à ceux dincidence. Lorſque le rayon *a b* eſt parvenu au point *b*, où il commence à éprouver la force répulſive de la ſurface *A B* (*fig.* 15), ſon mouvement rectiligne change, & il parcourt la courbe *b c d*, dont les lignes *a m*, *f m*, qui ſont des angles égaux avec la ligne *n m*, perpendiculaire à la ſurface *A B*, ſont des tangentes. Et parce que la courbe *b c d* eſt très-peu étendue, nous pouvons ſuppoſer que les lignes *a m*, *f m* repréſentent le rayon incident, & le rayon réfléchi. Cette ligne *n m* eſt appellée par les Opticiens le *cathete d'incidence*; l'angle *a m n*, que fait le rayon incident avec le cathete d'incidence, eſt l'*angle d'incidence*; mais on appelle *angle de réflexion* celui que fait la ligne *n m*, avec le rayon réfléchi (1). Un

(1) La quantité de lumiere réfléchie, eſt d'autant plus conſidérable que l'angle d'obliquité *a m A*, que fait le rayon inci-

miroir eſt un corps qui réfléchit les rayons qui partent d'un objet viſible, de maniere qu'il repréſente ſon image. Mais l'expérience apprend que des rayons, ſoit paralleles, ſoit convergens, ſoit divergens, qui

---

dent avec la ſurface réfléchiſſante, eſt plus petit; parce qu'alors la force répulſive courbe plus facilement ce rayon dont la vîteſſe perpendiculaire à la ſurface réflexiſſante eſt peu conſidérable, & lui fait prendre le chemin *b c d f*; de maniere qu'il n'y a que quelques globules dirigés vers le milieu des plus grands eſpaces que laiſſent entr'eux les points de la ſurface *A B*, qui puiſſent être tranſmis; les forces répulſives qui agiſſent dans le voiſinage de ces eſpaces n'étant pas ſuffiſantes pour les réfléchir. Auſſi l'expérience apprend que lorſque la lumiere tombe fort obliquement ſur la ſurface de l'eau, cette liqueur en réfléchit environ les trois quarts; tandis qu'elle en réfléchit moins de la dixieme partie, ſi l'angle d'obliquité eſt de 25 degrés, & beaucoup moins encore, lorſque cet angle eſt plus grand; & l'on peut remarquer ici que quand la lumiere a franchi l'eſpace dans lequel la force répulſive exerce ſon empire, elle eſt expoſée à l'action de la force attractive qui agit en ſens oppoſé, & qui, dans le paſſage de l'air dans l'eau ou le verre, la rapproche de la perpendiculaire, ainſi que nous l'avons dit ci-deſſus.

rencontrent un miroir plan, ſont réfléchis de la même maniere, c'eſt-à-dire, que les rayons paralleles reſtent paralleles après la réflexion, que les rayons divergens reſtent divergens, & que les convergens demeurent convergens. En effet, l'angle de réflexion étant égal à celui d'incidence, les rayons réfléchis par une ſurface plane, doivent avoir entr'eux la même ſituation qu'ils auroient eue ſans la réflexion; ce qui ne peut avoir lieu qu'en ſuppoſant que les rayons qui étoient paralleles reſtent paralleles après la réflexion, que ceux qui étoient convergens convergent encore, & que ceux qui étoient divergens vont en s'écartant les uns des autres.

32. Suppoſons que le point lucide *c* (*fig.* 16), envoie un rayon de lumiere au point *d* du miroir *a b*, l'œil *e* verra cet objet en *f*, par le moyen du rayon réfléchi *d e*, & l'impreſſion ſera la même que ſi l'objet *c* étoit placé en *f*, à une diſtance *d f* égale à *c d*; de maniere que nous voyons un objet à la même diſtance derriere le miroir, qu'il l'étoit de-

vant ce miroir. Les rayons *c m* & *c n*, qui partent d'un objet lucide *c* (*fig.* 17), ſont réfléchis, divergens vers l'œil *e*, qui rapporte l'objet *c* en *g*, où les prolongemens des rayons réfléchis vont ſe réunir. Mais en menant la ligne *c a g* perpendiculaire au miroir *a b*, on verra clairement que les lignes *c n*, *n g* étant égales auſſi-bien que les angles qu'elles font avec la ſurface du miroir, les triangles *c a n*, *a n g* ſont ſemblables & égaux (1), enſorte que la diſtance *c a* de l'objet au miroir, eſt égale à la diſtance *a g* de ſon image au même miroir. Delà il ſuit que chaque partie d'un objet eſt vue au-delà d'un miroir, dans le point auquel une perpendiculaire menée ſur le miroir, va rencontrer au-delà l'*axe de viſion*, c'eſt-à dire, une ligne *e d g*, qui paſſe par le milieu de l'œil, & qui n'eſt autre choſe que le rayon réfléchi *c d*, qui forme l'axe d'un cone lumineux, qui part d'un

(1) L'angle *c d a* eſt égal à l'angle *e d b* qui eſt = *a d g*, ſon oppoſé au ſommet; d'ailleurs, les angles *c a n*, *g a n* ſont droits.

point *c* de l'objet. C'eſt la raiſon pour laquelle un homme qui ſe regarde dans un miroir, voit ſa main droite du côté gauche, & ſa main gauche du côté droit.

33. Suppoſons qu'un objet *K L* (*fig.* 18), parallele à un miroir *a b*, ſoit vu au-delà de ce miroir en *k l*; les lignes *K m*, *k m* étant égales entr'elles, auſſi bien que les lignes *L n*, *l n*, ſi l'œil *e* eſt placé à la même diſtance du miroir que l'objet *K L*, *m n* ſera la moitié de *k l*, comme *e n* eſt la moitié de *e l*; c'eſt pourquoi dans ce cas les rayons qui partent des extrêmités de la longueur ou de la largeur d'un objet, ne peuvent occuper ſur la ſurface du miroir, que la moitié de la longueur ou de la largeur de ce même objet; enſorte qu'un homme droit ſitué devant un miroir qui lui eſt parallele, ne peut s'y voir tout entier, à moins que la hauteur du miroir ne ſoit au moins égale à la moitié de ſa hauteur, & que la largeur du miroir ne ſoit la moitié de celle de l'homme.

34. Si un homme ſe tient droit

ſur les bords d'un miroir placé dans une ſituation horizontale, les pieds de ſon image paroîtront contigus au miroir, la tête paroîtra au deſſous du miroir, à la même diſtance qu'elle l'eſt au deſſus, & l'image ſera renverſée. Quand on regarde un objet dans un miroir plan de verre d'une certaine épaiſſeur, & dont la ſurface poſtérieure eſt enduite d'une couche d'étain & de mercure, on apperçoit une double image, dont l'antérieure & la plus foible vient des rayons réfléchis par la ſurface antérieure du miroir; la ſeconde qui eſt plus vive, étant produite par la ſurface poſtérieure, qui réfléchit un plus grand nombre de rayons. Mais ces deux images ſe confondent lorſque l'axe de la viſion n'a pas une certaine obliquité par rapport à la ſurface du miroir, ou même ſi ce miroir eſt trop mince; parce qu'alors ces images ſont trop proches ou ſituées l'une devant l'autre par rapport à l'obſervateur. Un homme placé entre deux miroirs paralleles, voit, 1°. une premiere image dans le miroir vers lequel il eſt tourné; il

voit, 2°. une ſeconde image plus éloignée & moins vive, produite par les rayons réfléchis du premier miroir ſur le ſecond; enſuite une autre qui vient des rayons réfléchis du ſecond ſur le premier; & ainſi de ſuite, il apperçoit pluſieurs autres images, juſqu'à ce que les rayons ſoient devenus plus foibles & ſi peu nombreux, qu'ils ne puiſſent plus peindre d'image ſenſible. Si le même homme ſe trouve entre deux miroirs qui font un angle, il verra autant de ſes images, qu'on pourra mener ſucceſſivement des perpendiculaires ſur ces miroirs, ſoit de l'expectateur, ſoit des images. Car l'image tient lieu d'un objet; mais on voit l'image d'un objet au-delà d'un miroir, dans le concours du prolongement du rayon réfléchi, & d'une perpendiculaire menée de cet objet au miroir.

Si l'on place un objet devant un miroir qui a pluſieurs facettes, chacune d'elles tiendra lieu d'un miroir, & l'on verra autant d'images qu'il y a de facettes.

35. Il y a encore des miroirs qu'on appelle *courbes*, dont les plus ordi-

naires ſont ceux dont la courbure eſt ſphérique : les uns ſont *concaves*, les autres *convexes* : nous parlerons des uns & des autres. Dans un miroir ſphérique concave *m e* (*fig.* 19), toutes les lignes *e C*, *b C*, menées du miroir au centre *C* de la ſurface ſphérique, dont celle du miroir n'eſt qu'une partie, lui ſont perpendiculaires ; c'eſt pourquoi ces lignes ſont des *cathetes d'incidence*. Delà il ſuit que les rayons paralleles qui vont rencontrer un tel miroir, convergent après la réflexion ; ceux qui ſont convergens le deviennent davantage; & les divergens s'écartent moins qu'ils ne faiſoient auparavant, ainſi que l'expérience l'apprend. La raiſon de ce phénomene ſe préſente d'elle-même ; car l'angle de réflexion étant égal à celui d'incidence, & les cathetes d'incidence concourant au même point *C*, il eſt néceſſaire que les rayons ſe rapprochent après la réflexion. Maintenant ſi les lignes *a b*, *d e* repréſentent deux rayons incidens paralleles, & qu'on mene la ligne *F b*, qui faſſe l'angle de réflexion *F b C* égal à celui d'incidence

a b C, on trouvera que la diſtance du point *F* au milieu *M* du miroir eſt égale, du moins à très-peu près, à la moitié du rayon *M C*, toutes les fois que l'arc *m o* ne contient qu'un petit nombre de degrés, comme par exemple 10 ou 12. Par la même raiſon le rayon réfléchi par le point *e*, aboutira au même point *F*, milieu du rayon *M C*, parallele aux lignes *e d*, *b a*.

36. Les Phyſiciens appellent *demi-axe* du miroir, la ligne *M C*, parallele aux rayons incidens, & qui paſſe par le milieu de ce miroir; ainſi, en prolongeant cette ligne au-delà de *C*, de maniere que le prolongement ſoit égal à *C M*, on aura l'*axe entier*. C'eſt pourquoi dans un miroir ſphérique, tel que celui dont nous venons de parler, les rayons incidens, paralleles à l'axe, concourent ſenſiblement en un même point *F*, qu'on appelle *foyer* ſitué vers le milieu du demi-axe du miroir, & peignent dans cet endroit l'image de l'objet d'où ils ſont partis. Dans la pratique, on peut regarder comme paralleles les rayons qui viennent d'un objet

dont la diſtance au miroir eſt égale ; à environ 1200 fois le rayon de ſphéricité, ou plus grande, parce qu'alors le foyer *F* ſera ſenſiblement éloigné du miroir de la quatrieme partie de ſon axe, & l'on verra l'image de l'objet dans ce point. Mais ſi l'on place un flambeau au foyer *F*, les rayons *F b*, *F e* ſeront paralleles après la réflexion.

37. Les rayons qui partent d'un objet *ſ* plus éloigné du miroir que le centre *C*, ſeront réfléchis au point *P*, ſitué entre le centre & le miroir, & ils y deſſineront l'image, comme l'expérience l'apprend. Mais les rayons qui partent d'un corps placé en *C*, tombant perpendiculairement ſur la concavité du miroir, ſont réfléchis vers le même point, où ils forment pluſieurs images qui ſe confondent ; & c'eſt la raiſon pour laquelle un œil placé au centre d'un miroir concave, voit un nombre prodigieux de ſes propres images ; mais elles ſont confuſes. Si l'objet *ſ* eſt ſitué entre le foyer & le centre (*fig.* 20), ſon image ſera vue en *E*, & ſera plus éloignée du miroir que le centre.

C'eſt pourquoi un ſpectateur placé entre le centre & le miroir, aura cette image derriere lui, & ne pourra la voir. Mais ſi l'objet lumineux *A* ſe trouve entre le foyer & le miroir, on le verra au-delà du miroir en *a*, point où les rayons réfléchis vont ſe réunir, & rencontrer la perpendiculaire *A M a*, menée de l'objet au miroir. Il eſt bon de faire attention que chaque partie de l'image d'un objet ſe peint toujours au concours du rayon réfléchi, & de la perpendiculaire menée de cette partie de l'objet ſur le miroir. C'eſt la raiſon pour laquelle l'image d'un objet placé entre le foyer & le miroir, paroît droite, tandis qu'on la voit renverſée, lorſque cet objet a une autre ſituation. En effet, dans le premier cas, les rayons lumineux ne ſe croiſent pas avant d'avoir formé l'image de l'objet, comme le fait voir la figure 20. Si l'objet a une autre ſituation, s'il eſt placé en *ſ*, par exemple, les rayons réfléchis, & les incidens ſe croiſeront avant d'avoir formé l'image qui ſera vue en *E* par un œil *n*, dans une ſituation renverſée. Si un objet droit

eſt placé devant un miroir concave; ſes différentes parties ſeront peintes au concours des perpendiculaires menées de ces parties ſur le miroir & des rayons réfléchis; c'eſt pourquoi l'image ſera courbe, & non droite; parce que les perpendiculaires dont nous venons de parler, vont en s'écartant à proportion qu'elles s'éloignent du centre du miroir.

38. Les rayons ſolaires étant ſenſiblement parelles, ſe réuniſſent au foyer d'un miroir concave, lorſqu'ils le rencontrent dans la direction de ſon axe, & brûlent les corps combuſtibles qu'on a placés dans ce point; c'eſt pour cela que ces inſtrumens ſont appelés *miroirs brûlans*. Les Ecrivains rapportent qu'Archimede brûla les vaiſſeaux des Romains qui aſſiégeoient Syracuſe: ce que Deſcartes a révoqué en doute, parce que la diſtance du foyer au miroir brûlant, étant égale à la 4e partie de ſon axe, & la flotte Romaine, ne s'étant approchée des remparts qu'à la diſtance d'environ 500 pieds, l'axe du miroir qu'Archimede a employé, auroit été d'environ 2000 pieds; mais il ne

paroît pas donné aux hommes de construire un miroir d'un si grand axe. Quoi qu'il en soit du sentiment de Descartes, l'on peut dire que les vaisseaux Romains ont pu s'approcher des remparts jusqu'à la portée de la fleche; & que M. de Buffon ayant construit un grand miroir composé de plusieurs autres miroirs plans, qui réfléchissoient la lumiere vers un même point, a brûlé du bois à 200 pieds de distance. Ainsi Archimede auroit pu mettre le feu à la flotte Romaine, par le moyen d'une semblable machine (1).

---

(1) Les glaces étamées, polies avec un peu de soin, réfléchissent la lumiere plus puissamment & plus nettement que les surfaces métalliques qui produisent une lumiere colorée. En comparant la lumiere directe du soleil avec la lumiere du même astre réfléchie par une glace, M. de Buffon a trouvé qu'à la distance de 4 ou 5 pieds, elle ne perd qu'environ moitié par la réflexion, & qu'en recevant cette lumiere réfléchie par de grandes glaces, à la distance de 100, 200 & 300 pieds, elle ne perdoit presque rien de sa force par l'épaisseur de l'air qu'elle avoit à traverser; & ce Physicien a remarqué que dans les bou-

39. Si des rayons de lumiere tombent ſur un miroir convexe, ils feront toujours l'angle de réflexion égal à celui d'incidence; & parce

gies, la force de la lumiere directe eſt à celle de la lumiere réfléchie, comme 576 à 225; de maniere que la lumiere des bougies perd plus par la réflexion, que celle du ſoleil; ce qui vient de ce que les rayons de lumiere qui partent de la bougie comme d'un centre, divergent davantage & tombent plus obliquement ſur le miroir, que les rayons ſolaires qui ſont preſque paralleles. En effet, le corps du ſoleil nous paroiſſant ſous un angle d'environ 32 minutes, les rayons qui partent de ſon bord inférieur & ſupérieur, viennent ſe rencontrer ſur un miroir, en formant un tel angle, & en ſont réfléchis ſous le même angle; enſorte qu'en expoſant une glace quarrée aux rayons du ſoleil, l'image qu'elle réfléchit eſt compoſée d'autant d'images qu'il y a de points phyſiques dans la ſurface réfléchiſſante, & cette image eſt compoſée d'un nombre preſque infini de diſques qui ſe ſurmontent régulierement, & anticipent circulairement les uns ſur les autres, en formant l'image réfléchie dont le point du milieu eſt le centre. Si on reçoit cette image à une très petite diſtance, elle ſera ſenſiblement de la même figure que la ſurface réfléchiſſante; mais à une certaine diſtance l'étendue qu'occupent les diſques étant beaucoup plus grande que celle du miroir, l'image ſe déforme & devient cir-

que les cathetes élevés aux points d'incidence, concourent au centre du miroir, & s'écartent à proportion qu'ils s'éloignent de la convexité; il est nécessaire que les rayons incidens qui étoient paralleles, deviennent divergens par la réflexion; que ceux qui étoient divergens le deviennent encore davantage, & que ceux qui étoient convergens le soient beaucoup moins qu'ils ne l'étoient avant la réflexion. Aussi l'expérience apprend que ces sortes de miroirs dispersent les rayons au lieu de les

---

culaire, ce qui arrive à la distance à laquelle la glace nous paroît sous un angle de 32 minutes, ou sous un angle égal à celui que forme le disque solaire à nos yeux. Ainsi une glace quarrée de 6 pouces paroît ronde à la distance de 60 pieds environ, & celle d'un pied en quarré à la distance d'environ 120 pieds. C'est pour cette même raison que les images du soleil qui passant entre les feuilles des arbres élevés & touffus, tombent sur le sable d'une allée, sont ovales ou rondes. Mais les images s'affoiblissent principalement par l'augmentation des disques qui occupent toujours un espace de 32 minutes, & très-peu par la dispersion de la lumiere, ou par la perte qu'elle fait en traversant l'air.

réunir. Si un objet *A* envoie un rayon de lumiere en *d* (*fig.* 21), il sera réfléchi en *B*, en faisant l'angle de réflexion *B d n*, égal à l'angle d'incidence *n d A*, & un œil placé en *B*, verra l'image de l'objet en *F*, (entre le miroir & le centre *C*), dans le point où le rayon réfléchi va rencontrer la perpendiculaire *A C*, menée de l'objet *A* au miroir; ainsi l'image d'un objet *s* (*fig.* 22), placé devant un miroir convexe, est vue au-delà de ce miroir, au point *g*, auquel les prolongemens des rayons qui composent le cone lumineux, réfléchi vers l'œil *m*, vont se réunir. L'image d'un arc de cercle *Q P O* (*fig.* 23), concentrique au miroir *D B*, sera un arc de cercle *q o* beaucoup plus petit que l'objet qu'elle représente; car le point *Q* doit être vu en *q*, dans une ligne *Q C*, menée par le centre *C* & le point *Q*; de même le point *O* doit être vu en *o* entre le centre & le miroir; & parce que les lignes *Q C*, *O C*, concourent en *C*, l'image doit paroître plus petite que l'objet, ce que l'expérience confirme.

40. On pourroit faire des miroirs de différentes figures, coniques, cylindriques, & en partie plans, en partie courbes; enſorte qu'une de leurs parties repréſenteroit d'une maniere réguliere, une partie de l'objet, tandis que l'autre partie ſeroit repréſentée d'une maniere irréguliere; c'eſt pourquoi ſon image ſeroit difforme. Mais nous ne nous propoſons pas d'approfondir cette matiere, qui demande des connoiſſances mathémathiques que nous ne devons pas ſuppoſer dans la plus part de nos Lecteurs.

Lorſqu'un nuage n'eſt éclairé du ſoleil que par le haut, & qu'il reçoit les rayons réfléchis par les montagnes & les éminences qui ſont au deſſous, il peut comme un miroir, repréſenter les pointes des montagnes, & les ſurfaces inégales qui ſont au deſſous. Ainſi, à meſure que le ſoleil baiſſe, on voit à la Jamaïque les nuages ſe raſſembler, & prendre différentes formes analogues à celles des montagnes; & les Pilotes expérimentés reconnoiſſent chaque par-

tie de l'isle, à la forme des nuages qui la couvrent.

CHAPITRE III.

De la Lumiere Refractée ou de la Dioptrique.

41. UN rayon de lumiere qui passe perpendiculairement d'un milieu dans un autre, ne souffre aucune réfraction ; mais si sa direction est oblique par rapport à la surface du second milieu, il changera de direction en s'éloignant ou en s'approchant de la perpendiculaire, ainsi que nous l'avons remarqué dans le Chapitre premier. Il est bon de faire attention qu'aussi-tôt qu'un rayon *m n* est arrivé au point *s* (*fig.* 24), où la force répulsive du milieu *A B* commence à exercer son action, il change de direction en suivant une courbe *s n*, qui tourne sa convexité vers le milieu ; mais bientôt la force attractive qui succede, force le rayon à changer de direction, de maniere que la courbe devient concave vers le bas, jusqu'à ce qu'étant arrivé

au point *b*, où il n'eſt pas plus attiré d'un côté que de l'autre, il continue ſon chemin en ſuivant la ligne droite *b p*, tangente de la courbe *ſ n b*; mais cette courbe eſt trop petite pour être obſervée.

42. Nous voyons au deſſous de ſon vrai lieu, tout ce que nous appercevons dans l'eau par des rayons obliques; ainſi la piece d'argent *p* (*fig.* 25), ſera vue dans un endroit plus éloigné, en *t* par exemple, par un œil placé en *m*; parce que le rayon *p b* qui devroit ſuivre la direction *p b n*, ſe réfracte en entrant dans l'air, s'éloigne de la perpendiculaire *a b*, en ſuivant la ligne *b m*. C'eſt la raiſon pour laquelle ſi un œil ſitué en *m*, ne peut appercevoir un piece d'argent *p*, placée dans un vaſe, il pourra la voir lorſqu'on aura mis de l'eau dans ce vaſe; mais elle paroîtra plus élevée qu'elle ne l'eſt en effet (1). L'expérience apprend que des rayons paralleles de lumiere qui paſſent d'un

(1) On manqueroit le poiſſon d'un étang, ſi l'on tiroit à l'endroit où on le voit, 1°. parce qu'il eſt plus bas; 2°. parce que la

milieu plus rare dans un plus denſe, terminé par deux ſurfaces planes, comme de l'air dans le verre, par exemple, en ſortent paralleles. Ce qui vient de

---

balle ſouffrant une réfraction qui l'éloigne de la perpendiculaire, s'éleve néceſſairement au deſſus de la direction ſelon laquelle on la dirige. C'eſt la réfraction que ſouffre la lumiere dans l'athmoſphere, qui nous fait voir les aſtres le matin ſur l'horizon avant qu'ils y ſoient arrivés, & le ſoir quand ils ſont deſcendus au deſſous; car l'air étant un milieu plus denſe que celui que la lumiere traverſe avant d'y arriver, le rayon qui part du ſoleil *S* (*fig.* 26), lorſqu'il eſt encore au deſſous de l'horizon *h H*, & qui paſſeroit en ligne droite vers *V*, ſe réfracte en *c*, s'approchant de la perpendiculaire *p p*, parvient à l'œil d'un ſpectateur ſitué en *f*, & lui fait voir l'aſtre comme s'il étoit placé en *s* au deſſus de l'horizon. Bien plus, la denſité de l'air, augmentant à proportion qu'on s'approche de la terre, un rayon de lumiere qui traverſe l'athmoſphere, éprouve différentes réfractions, qui le détournant continuellement de la ligne droite, lui font décrire une courbe juſqu'à ce qu'il ſoit arrivé à la ſurface de notre globe. Ainſi un rayon parti d'une étoile *A*, pénetre dans l'athmoſphere en *a*, & parcourant la courbe *a b f*, fait voir l'aſtre en *d*, dans la direction *f d* de la tangente à cette courbe. On explique par-là comment la lune peutêtre éclipſée à ſon lever. L'éclipſe de la lune a lieu lorſ-

ce qu'ils s'approchent autant de la perpendiculaire en entrant dans le verre, qu'ils s'en éloignent à leur ſortie. Si des rayons paralleles *b. d*,

---

que la terre ſe trouvant entr'elle & le ſoleil, lui dérobe la lumiere de l'aſtre du jour; mais la réfraction élevant la lune, nous la fait voir au deſſus de l'horizon, quoiqu'elle ſoit au deſſous; & parce que le bord inférieur eſt plus élevé par la réfraction que le bord ſupérieur, ſon diametre vertical apparent doit être un peu plus petit que l'horizontal. Lorſqu'on regarde obliquement un bâton à moitié plongé dans l'eau, on le voit briſé, ou plutôt angulaire, parce que les rayons qui partent de la partie plongée, ſe réfactent à leur entrée dans l'air, en s'éloignant de la perpendiculaire, & font paroître cette partie plus éloignée de l'œil, & dans une direction différente de la partie non plongée. Lorſqu'un œil ſitué en *A* (*fig.* 27), regarde les extrêmités d'un bâton droit *MP*, plongé horizontalement dans un baſſin profond *a b c*, rempli d'eau, les extrêmités *M* & *P* lui paroiſſent plus élevées que le point *N* du milieu; enſorte qu'à cauſe de l'inégalité des réfractions, le bâton *M P* paroît former une ligne courbe *m n p*. C'eſt ainſi que le fond d'un tel baſſin ſemble plus creux au milieu que vers les bords, quoiqu'il le ſoit également par-tout. Comme les rayons convergens *Mt, Pſ* le deviennent encore davantage en paſſant de l'eau dans l'air, ils font paroître un poiſſon qui ſeroit placé en *MP*, plus gros dans l'eau que quand on l'en a tiré.

B m, rencontrent une lentille de verre *A D* (*fig.* 28), ils ſe réfracteront en s'approchant des perpendiculaires *d C*, *m C*. Parvenus en *s*, ils ſortiront de la lentille en s'éloignant des perpendiculaires menées à la ſurface *A s D*, & iront ſe réunir au point *f*, ſitué ſur la ligne *F f*, qui paſſe par le milieu de la lentille & par le centre *C* de la ſurface ſphérique *A m D*. Si ces rayons entroient dans la ſurface ſphérique *A m D*, ſelon des directions perpendiculaires à cette ſurface, ils ne ſouffriroient aucune réfraction dans la lentille; mais en ſortant par l'autre ſurface, ils s'éloigneront des perpendiculaires menées aux points de leur émerſion, & deviendront plus convergens.

43. Si nous concevons que les arcs *A d D*, *A s D* ne contiennent qu'un petit nombre de degrés, la lentille réunira les rayons qui la pénétreront, & les fera converger vers un point *f*; n'occupant qu'un petit eſpace, ils pourront par leurs forces réunies, enflammer des corps combuſtibles qu'on expoſera à leur

action ; c'est pourquoi ces sortes de lentilles sont connues sous le nom de *verres brûlans* (1).

---

(1) En 1774 on a construit à Paris, aux frais de M. Trudaine, Intendant des Finances, un verre ardent très-beau. « Cette lentille, qui a été placée au jardin de l'Infante, est composée de deux glaces épaisses de 8 lignes, courbées en portion de sphere de 8 pieds de rayon, & qui étant jointes ensemble par leurs biseaux, laissent entr'elles un vuide lenticulaire de 4 pieds de diametre, & qui a au centre 6 pouces 5 lignes d'épaisseur. Ce vuide est rempli d'esprit de vin, & en contient environ 140 pintes. C'est cette liqueur qui devient le corps réfringent. Cette lentille a été exécutée avec beaucoup d'adresse, d'intelligence & de perfection, par M. Bernieres, Contrôleur des Ponts & Chaussées, dont le mérite & les talens sont déjà bien connus. Le support, qui est une espece de charriot, destiné à porter la lentille & à lui faire suivre avec facilité les mouvemens du soleil, a été aussi exécuté par le même M. Bernieres, secondé par M. Charpentier, habile Méchanicien, avec toute la simplicité & toute la commodité possibles ».

Deux manivelles font mouvoir toute la machine : l'une sert pour le mouvement horizontal, & l'autre pour le mouvement vertical ; un seul homme peut, sans fatigue, produire & diriger ce double mouvement, lors même que la plate-forme est chargée de

Mais si des rayons de lumiere *b d*, *b m* passent de l'air dans une lentille *A D* (*fig.* 29), concave de deux côtés, ils s'approcheront à leur entrée des

---

8 à 10 personnes. La grande quantité de rayons que peut rassembler une lentille d'un aussi grand diametre, forme, à 10 pieds 10 pouces du centre de cette lentille, un foyer de 15 lignes de diametre, & qui est si actif, que l'or, l'argent & le cuivre s'y fondent, même en grandes masses en moins d'une demi-minute, & se mettent sur le champ en bain parfait. Si on rétrécit le cone de lumiere avec une seconde lentille d'un foyer un peu court, le fer forgé y fond presqu'aussi aisément que les autres métaux au foyer nud de la grande ; & si-tôt qu'il est fondu, s'il est placé sur un charbon, il en part une grande quantité d'étincelles qui produisent en l'air & en petit, les effets des étoiles d'artifice. On n'a connu, dit-on, jusqu'à présent aucun verre ardent, capable de produire sur le fer de semblables effets. La grande activité du foyer de cette lentille fait espérer que la Physique & la Chymie en tireront de grands secours.

L'expérience du diamant volatilisé avoit été faite déjà l'année derniere 1775 ; on l'a recommencée avec le même succès, & plus d'appareil en 1776. Un Etranger y a sacrifié un diamant, une émeraude & un rubis-balai. On a opéré successivement pour les trois épreuves. On a commencé par l'émeraude.

perpendiculaires *d t*, *m x*, & s'écarteront par conséquent l'un de l'autre ; en sortant du verre ils s'éloigneront des perpendiculaires *ſ u*, *ſ p*, en suivant les

---

En trois minutes au plus, cette pierre s'est fondue, & a pris une forme arrondie, de verte elle est devenue bleue, mais d'un bleu terne, comme celui de la fayance, avec quelques taches blanchâtres.

On a placé ensuite au foyer ardent le rubis : il y est resté plus d'un quart d'heure, sans altération essentielle ; il a seulement perdu son poli, & l'on a remarqué à la surface des especes de bouillons, comme de petites gales qui s'y sont élevées.

Le tour du diamant venu, on l'a soumis à l'épreuve. C'étoit une pierre d'environ 3 grains, d'un blanc assez imparfait ; il étoit posé sur une porcelaine blanche du Japon ; au bout de 7 à 8 minutes, il a tout d'un coup noirci ; on l'a retiré, on l'a trouvé à l'œil d'une couleur tout-à-fait brune : à la loupe il paroissoit d'un blanc terne, il avoit déjà perdu sensiblement de son poids.

Remis au brasier solaire, il a repris de l'éclat ; il a eu un second passage subit du blanc au brun, & du brun au blanc; & comme il s'évanouissoit assez promptement, on l'a retiré au bout d'une demi-heure, les 8 minutes ci dessus comprises. Il étoit réduit alors au plus à $\frac{1}{6}$ de grain ; il étoit applati, un peu convexe seulement du côté de la porcelaine, il semble même en avoir pris la

directions fM, fN; enſorte qu'ils deviendront divergens. Ces ſortes de verres rendent les rayons divergens; de maniere qu'un objet placé en *A* (*fig.* 30), ſera vu plus près en *a*, par un œil ſitué en *M*; parce que les rayons *A d*, *A m*, ont en ſortant du verre des directions qui concourent en *a*; & l'œil *M* eſt affecté de la même maniere qu'il le ſeroit par des rayons qui partant du point *a*, ſuivroient les directions *a n*, *a n*.

Pour voir diſtinctement le point d'un objet, il eſt néceſſaire, ainſi que nous le verrons dans la ſuite, que les rayons du cone lumineux, que ce point envoie dans l'œil, ſe réuniſſent au fond de cet organe, à la

---

couleur; le côté convexe en avoit la teinte. La ſurface expoſée au ſoleil, étoit dans le centre, d'un brun d'ardoiſe, d'un blanc plus clair que le reſte ſur les bords. Toute cette partie étoit percée de trous, comme une éponge.

Voilà un réſultat nouveau & certain; Quelles conſéquences préſente-il? Les femmes en concevront-elles plus de reſpect pour le rubis, quand elles ſauront que c'eſt une ſubſtance plus inaltérable que le diamant? (Voyez le Journal Politique du 5 Juin 1776).

rencontre de la *rétine*, qui est une production du nerf optique. Dans les *myopes*, qui ont les yeux trop convexes, les rayons qui viennent d'une certaine distance, se réunissent avant d'être parvenus à la rétine ; c'est pourquoi ceux qui ont ce défaut, doivent se servir de lunettes concaves, qui en écartant un peu les rayons lumineux, éloignent leur point de concours. Les *presbytes*, au contraire, dans lesquels les yeux trop applatis & trop peu convexes, tendent à réunir les rayons de lumiere au-delà de la rétine, peuvent employer des verres convexes de deux côtés, ou plans d'un côté, & convexes de l'autre, par le moyen desquels la réunion des rayons puisse se faire sur la rétine. On n'aura pas beaucoup de peine à comprendre qu'une lentille plane d'un côté & convexe de l'autre, peut réunir les rayons à un foyer *f* (*fig.* 31), si l'on fait avec moi cette remarque, que les rayons *b d*, *b m* paralleles à l'axe *F f* de la lentille & perpendiculaires à la surface plane *d m*, ne souffrent aucune réfraction en entrant

dans le verre, tandis qu'à leur émersion en *ſ*, *ſ*; ils s'éloignent des lignes *ſ*, *ſ* perpendiculaires à la surface courbe *A ſ D*, pour s'approcher l'un de l'autre. On prouvera aussi bien facilement, & l'inspection de la figure 32 suffit pour le faire comprendre, que les rayons paralleles à l'axe *F f* de la lentille, doivent, après avoir traversé le verre du côté de sa convexité, se réunir en un petit espace *f*, qui sera d'autant plus étroit que l'arc *A d D*, qui représente la ligne qui termine supérieurement la section de la lentille faite par un plan qui passe par son axe, contient un plus petit nombre de degrés, par exemple, 2 ou 3; car si cet arc étoit d'un certain nombre de degrés, les rayons ne se réuniroient pas sensiblement au foyer *f*, mais ils occuperoient un espace plus ou moins long, & plus ou moins large. Il sera toujours facile de trouver le foyer d'une lentille convexe de deux côtés, ou plane d'un côté & convexe de l'autre, en faisant tomber sur cette lentille la lumiere d'une chandelle placée à une certaine distance, le point, ou

plutôt le petit cercle, où se réuniront les rayons qui l'auront traversée, sera le foyer qui convient à la distance de la chandelle ; l'on pourra mesurer aisement sa distance au verre. Si l'on fait tomber sur ce verre la lumiere du soleil, dont les rayons peuvent, dans la pratique, être regardés comme paralleles, l'on aura la distance ou la longueur du foyer des rayons paralleles (1). Si l'objet

---

(1) Dans le passage de l'air dans le verre, le sinus de l'angle d'incidence étant à celui de l'angle de réfraction, comme 31 à 20, à peu près ; si une lentille est également convexe des deux côtés, & qu'on fasse abstraction de son épaisseur, qui est ordinairement fort petite, la distance Mf du verre au foyer f, où se peint l'image d'un objet F, se trouvera en multipliant 10 rayons de l'arc AdD (*fig.* 28), par la distance de l'objet à la lentille ; & divisant le produit par 11 fois, la même distance moins 10 fois le rayon de sa sphérité. Si la lentille est *plane-convexe*, la distance du foyer au verre sera égale au produit de 20 fois la distance de l'objet à la lentille, par le rayon de sphéricité, en divisant le résultat par 11 fois cette distance moins 20 fois le rayon de sphéricité. Si l'objet est assez éloigné pour qu'on puisse regarder les rayons qui en partent comme paralleles à l'axe

est placé au foyer des rayons paralleles, les rayons qui en partiront, deviendront paralleles à la sortie du verre.

44. Le Télescope astronomique est composé d'une lentille *P Q*, de laquelle l'œil doit être très-proche, & qu'on nomme *oculaire* (*fig.* 33);

---

d'une lentille également convexe de deux côtés, la distance du foyer au verre sera les $\frac{10}{11}$ du rayon de sphéricité ; & cette distance sera les 20 onziemes du même rayon, si la lentille est plane-convexe. Si l'on veut s'exprimer d'une autre maniere, on pourra dire aussi que la longueur du foyer d'une lentille également convexe de deux côtés, est égale au produit du rayon de sphéricité par le sinus de l'angle de réfraction, en divisant le produit par le double de la différence du sinus de l'angle d'incidence à celui de réfraction. Si la lentille est également concave de deux côtés (*fig.* 30), l'image d'un objet placé en *A*, à une certaine distance du verre, sera vue à une distance *a* qu'on trouvera, en multipliant 10 fois le rayon de sphéricité par la distance de l'objet au verre ; & divisant le produit par 11 fois, cette même distance plus 10 fois le rayon de sphéricité ; mais si les rayons sont paralleles, cette distance sera les $\frac{10}{11}$ du rayon de sphéricité.

cette lentille est convexe de deux côtés, ou seulement d'un seul côté. Elle est située de maniere que son foyer *o* concourt avec celui du verre *M N*, qu'on nomme *objectif*; mais ce foyer commun doit se trouver entre les deux verres. Cette construction fait voir que les rayons qui viennent du point *O*, d'un objet *O B* très-éloigné, après avoir été réfractés à travers le verre objectif, se rassemblent au foyer *o*, où ils peignent l'image du point *O*. Mais les rayons qui viennent d'un objet *O B* fort éloigné, doivent être considérés comme paralleles ; & d'ailleurs on considere aussi le point *O* comme placé dans la ligne droite, qui passe par le centre des verres, ligne qu'on appelle à cause de cela *axe* du télescope. Maintenant nous pouvons supposer que l'image du point *O* est un objet situé au foyer de l'*oculaire P Q*; c'est pourquoi les rayons qui représentent cet objet, doivent sortir paralleles de l'oculaire; & ces rayons sont d'autant plus denses, que le foyer de l'oculaire est plus court que celui de l'objectif. Ainsi ces rayons

doivent peindre au fond de l'œil une image d'autant plus vive que la surface de l'objectif sera plus grande; puisque le nombre des rayons admis est proportionnel à cette surface. Il est encore évident que dans chaque distance de l'oculaire, pourvu néanmoins que l'œil se trouve dans la direction des rayons paralleles, ou à peu près paralleles, qui sortent de l'oculaire, l'image du point qu'un faisceau a formée au foyer de l'objectif, sera également claire. D'un autre côté les rayons qui partent du point *B*, doivent former l'image de ce point en *b*, auprès du foyer *o*, pour sortir ensuite paralleles de l'oculaire; mais cependant d'autant plus inclinés à l'axe, que la courbure de cet oculaire est plus grande. Pour que l'œil puisse voir toute l'image *o b*, il doit être placé au foyer *F*, qui est le concours de tous les faisceaux que forment les rayons qui partent de tous les point de l'objet *O B*, qui paroît renversé, parce que son image *o b* a une situation opposée à celle de cet objet; c'est pourquoi le *champ* du télescope, c'est-à-dire,

dire, l'espace que l'œil convenablement situé en *F* peut voir, dépend sur-tout de l'image *o b*; puisque l'œil peut voir tous les points dont l'image se trouve dans le foyer, ou très-près du foyer de l'oculaire; d'un autre côté, si l'objet s'approche de l'objectif, son image s'en éloignera; ensorte qu'il faudra augmenter la distance de l'oculaire, afin que l'image se trouve toujours placée à son foyer. C'est pourquoi la distance de l'objectif & de l'oculaire doit changer lorsque la distance de l'objet change. De même, si celui qui fait usage d'un télescope est *myope*, c'est-à-dire, a la vue courte & l'œil trop convexe, il est nécessaire de diminuer la distance qu'il y a entre l'oculaire & l'objectif, de maniere que l'image *o b* de l'objet se trouvant entre l'oculaire & son foyer, les rayons qui tombent sur la lentille oculaire, en sortent un peu divergens; car la figure de l'œil myope les fera assez converger, & réunira les rayons de chaque point de l'image sur un point situé au fond de l'œil,

où ſe trouve la *rétine*, qui n'eſt qu'une expanſion du nerf optique.

45. Nous avons dit que les objets paroiſſent renverſés dans les téleſcopes aſtronomiques ; mais en ajoutant deux autres lentilles, qu'on nomme auſſi oculaires, l'objet paroît droit, & l'on a une *lunette d'approche* propre à faire appercevoir les objets terreſtres (*fig.* 34) ; les axes des quatre lentilles ſe trouvent ſur la même ligne, & le foyer de chacune concourt ordinairement avec ceux des autres, entre leſquelles elle ſe trouve placée.

46. La force des *microſcopes* dépend des mêmes principes. Soit *M N* (*fig.* 35), une lentille convexe de deux côtés, placée de maniere que ſon foyer ſe confonde avec le point *O* de l'objet *O B* ; les rayons qui partent de ce point, & qui traverſent la lentille *M N*, en ſortent paralleles, & forment au fond d'un bon œil une image vive. Le point *B* du même objet eſt aſſez proche de l'axe pour qu'on puiſſe le regarder comme ſitué au foyer ; enſorte qu'il envoie des rayons qui entrent

dans l'œil ſenſiblement paralleles, mais d'autant plus inclinés à l'axe que la diſtance du foyer eſt plus petite; c'eſt pourquoi ſi l'œil eſt placé au point *o* de l'axe, l'objet *O B* ſera vu directement ſous l'angle *B o O*. Suppoſons maintenant que le point *o* eſt fort près de la lentille, que les objets ne ſont vus d'une maniere claire, que quand ils ſont éloignés de l'œil d'environ 7 à 8 pouces, & que *o b* repréſente cette diſtance, on jugera que cet objet eſt placé en *c b*, & ſa grandeur apparente ſera augmentée dans le rapport de *b c* à *B O*, ou dans le rapport de *o c* à *o O* (1); ainſi plus

(1) Il y a d'autres microſcopes compoſés de deux lentilles convexes (*fig.* 36), dont le verre objectif *M N* a un foyer fort court. Un peu au-delà de cette lentille, on place l'objet *O B*, pour que ſon image ſoit éloignée & groſſie à proportion : on fait enſuite tomber le foyer de l'oculaire ſur cette image, afin qu'on puiſſe voir l'objet diſtinctement. Cette conſtruction fait voir que la diſtance de l'image d'un objet par rapport à l'objectif, peut varier conſidérablement par un petit déplacement de l'objet. Enfin la grandeur apparente de cet objet change à proportion que l'image *o b* s'approche de l'objectif, & qu'elle diminue.

Par les principes que nous avons éta-

l'œil sera près de la lentille, plus l'objet paroîtra augmenté. Mais il faut placer l'œil à la distance qui convient à la vision distincte. La grandeur apparente des objets qu'on considere à travers une lentille, dépend encore de la conformation de l'œil.

---

blis ci-dessus, on peut estimer l'augmentation apparente des objets vus à travers un téleścope, ou un microscope. L'extrêmité *B* d'un objet (*fig.* 33), est vue par un faisceau *F P* des rayons paralleles, & l'extrêmité *O* par le faisceau *K F*. C'est pourquoi le téleścope fait voir l'objet sous l'angle *P F K*; & parce que l'image *o b* est située au foyer de l'oculaire *Q P*, les rayons qui partent du point *b* doivent sortir de l'oculaire paralleles au rayon principal *b K*; ainsi l'angle *P F K* est égal à l'angle *b K o*; & parce que le rayon *B D* ne souffre aucune réfraction, un œil situé en *D*, verroit sans le téleścope, l'objet *B O* sous l'angle *O D B*, égal à l'angle *o D b*. Delà il suit que l'angle sous lequel on voit un objet par le moyen du téleścope, est à celui sous lequel on le verroit sans le secours de cet instrument, comme l'angle *b K o* est à l'angle *b D o*. Maintenant comme ces angles sont forts petits, si le premier est 10 fois plus grand que le second, on trouvera que la ligne *o* D est 10 fois plus grande que la ligne *o K*; si le premier angle est 100 fois plus grand que le

47. On fait aussi des microscopes avec de très-petits globes de verre : en effet, si un objet est placé dans l'axe d'une petite sphere de verre, à la distance d'un quart de son diametre, les rayons de lumiere, après avoir traversé la sphere, en sortiront paralleles ; c'est pourquoi non seulement on appercevra cet objet clairement ; mais on le verra d'autant plus grand, qu'il sera plus près de l'œil (1).

---

second, la ligne *o D* sera aussi 100 fois plus grande que la ligne *o K*. Mais les grandeurs apparentes des objets, sur-tout éloignés, dépendent principalement des angles sous lesquels on voit leurs demi-diametres ; & le demi-diametre d'un objet vu à travers un télescope, est au demi-diametre du même objet vu sans télescope, comme la longueur du foyer de l'objectif est à celle de l'oculaire. C'est ce que les Opticiens entendent lorsqu'ils disent que *les grandeurs apparentes des objets sont en raison directe des longueurs des foyers des objectifs, & en raison inverse de celles des oculaires.*

(1) Lorsque rien ne s'oppose au jugement que nous portons sur la grandeur d'un objet éloigné, nous l'estimons par l'*angle optique*, c'est-à-dire, par l'angle que font deux rayons visuels menés de l'œil aux extrêmités de l'objet.

48. Si l'ouverture de l'objectif restant la même, on emploie successivement plusieurs lentilles oculaires, le même objet paroîtra d'autant plus obscur, que le foyer de l'oculaire sera plus court. La raison en est évidente; car les faisceaux de rayons paralleles, de quelle couleur qu'ils soient, qui se coupent dans l'œil, forment une espece de cone, dont la base est sur l'oculaire, & le sommet dans l'œil; or cet angle est d'autant plus grand, que le foyer de l'oculaire est plus court; c'est pourquoi les rayons entrent dans l'œil plus ou moins dispersés, & peignent l'image de l'objet au fond de l'œil d'une maniere moins réguliere, lorsque cet angle est trop grand. D'un autre côté l'ouverture de l'objectif restant la même, l'obscurité est d'autant plus grande, que la densité de la lumiere est moindre; ensorte que l'*obscurité suivra la raison des quarrés des diametres apparens des images*, c'est-à-dire *que l'obscurité sera en raison inverse des quarrés des longueurs des foyers oculaires*: puisque les demi-diametres apparens suivent

la raiſon inverſe des longueurs des foyers des oculaires, lorſque l'objectif ne varie pas. Avec un peu d'attention il eſt aiſé de comprendre que les rayons paralleles *B P*, *O N* (*fig.* 37), qui traverſent une lentille *N P*, ne vont pas tous ſe réunir au même point *F*; mais qu'il y en a pluſieurs qui vont rencontrer l'axe en *r*; de maniere que le foyer a une petite longueur *v r*. Ainſi l'image de chaque point de l'objet *O B* ſe peint ſur chaque point de la ligne *v r*, ce qui rend la viſion un peu confuſe. On remédie à cet inconvenient, en diminuant l'ouverture de l'objectif par le moyen d'un *diaphragme*, c'eſt-à-dire, d'une ſurface plane, noire & opaque, percée d'un trou rond : car ce diaphragme abſorbe les rayons ſuperflus, & ne laiſſe paſſer que ceux qui peuvent former un foyer aſſez petit pour que la viſion n'en ſoit pas troublée : on a ſoin de peindre en noir la ſurface interne du téleſcope, afin d'abſorber les rayons qui étant entrés avec trop d'obliquité, pourroient être réfléchis vers l'oculaire par cette ſurface,

parvenir jusqu'à l'œil, & rendre confuse l'image de l'objet (1).

Si l'on suppose deux especes de

---

(1) Il y a encore une autre cause d'imperfection, je veux parler de la différente réfrangibilité des rayons; car la lumiere est composée de sept rayons, rouge, orangé, jaune, verd, bleu, pourpre, violet. Mais ces couleurs ont des nuances, c'est-à-dire, que tous les rayons rouges ne se réfractent pas également, de maniere que le sinus de réfraction étant exprimé par 1, dans le passage de l'air dans le verre, celui d'incidence des rayons rouges varie depuis 1. 54 jusqu'à 1. 5425; celui des rayons orangés depuis 1. 5425, jusqu'à 1. 544; celui des rayons jaunes depuis 1. 544 jusqu'à 1. 54667; celui des verds depuis 1. 54667 jusqu'à 1. 55; celui des bleus depuis 1. 55 jusqu'à 1. 55333; celui des pourpres depuis 1. 55333 jusqu'à 1. 55555; & enfin celui des violets depuis 1. 55555 jusqu'à 1. 56. Si l'on suppose les rayons paralleles, la longueur du foyer d'une lentille également convexe de deux côtés, sera pour les rayons rouges égale au rayon de sphéricité multiplié par 0. 9259; & pour les violets, cette longueur se trouvera, en multipliant le même rayon de sphéricité par 0. 8928; & la différence entre ces longueurs est égale à la 28e. partie de la plus grande; donc lorsque l'objet est à une grande distance, la longueur du spectre coloré formé par la différente réfrangibilité

verres, dans lesquels la réfrangibilité moyenne (c'est-à-dire l'angle que font les rayons violets avec l'axe de la lentille) soit la même-

---

de la lumiere, est le $\frac{1}{28}$ de la longueur du foyer de la lentille; & parce que la lumiere est la plus dense & la moins séparée qu'il est possible vers le milieu *F* du foyer, on peut supposer que l'image des objets blancs, tels que sont les astres, est située en *F*, & que dans un télescope les limites de la vision confuse occasionnée par la différente réfrangibilité des rayons, sont de part & d'autre du vrai lieu de l'image de l'objet, éloignées à $\frac{1}{55}$ environ de la longueur du foyer de l'objectif. Mais avec un peu d'attention, on voit aisément que les triangles *C r D*, *P r N* sont semblables, l'un étant en grand, ce que l'autre est en petit; ensorte qu'il y a le même rapport entre *C D* & *P N*, qu'entre *r D*, & *r N*, & ce dernier rapport est égal à celui de *r F* à *r B*, c'est-à-dire, de 1 à 55 ou à 56; ainsi, le diametre *C D* des franges colorées qui entourent l'image *F* d'un point fort éloigné, est environ un $\frac{1}{55}$ de celui de l'ouverture de l'objectif. Ces franges, ou iris, ou nébulosités, rendent confuses les images des objets; mais comme par ce moyen on perd de la lumiere, & par conséquent de la clarté dans l'image, il faut régler les ouvertures des objectifs, de sorte qu'il y entre suffisamment de lumiere, que les images soient nettes, sans iris sensi-

me, tandis que celle des rayons rouges est différente, de maniere que l'angle que forment les rayons rouges & les violets, au sortir de la lentille, étant exprimé par 2 dans le premier verre, soit exprimé par 3 dans le second verre; si l'on fait un objectif composé de deux lentilles appliquées l'une contre l'autre, dont la premiere également concave de deux côtés, ait un rayon comme 2, & la seconde également convexe de

---

bles, ce qu'on peut déterminer par expérience, selon la bonté des verres dont on se sert. On peut même placer le foyer *F* entre les foyers des rayons jaunes & orangés. La raison en est que les rayons pourpres, violets, & même les rayons bleus, & les rayons rouges situés vers *r* sont assez foibles, à moins que la lumiere ne soit très-vive; ensorte qu'au lieu d'un $\frac{1}{55}$ de l'ouverture *P N*, on peut substituer une quantité plus petite, peut-être même un $\frac{1}{25}$ de cette même ouverture. A l'égard de la proportion qu'il doit y avoir entre la longueur du foyer de l'objectif & celle de l'oculaire, elle varie beaucoup, selon les circonstances, la perfection des verres & la lumiere de l'objet. Nous ajouterons seulement ici les dimensions que nos meilleurs Ouvriers donnent aux lunettes ordinaires.

deux côtés, un rayon de ſphéricité comme 3 ; cet objectif réunira les rayons à ſon foyer, ſans les ſépa-

---

La Table ſuivante a rapport à une lunette à quatre verres ; la premiere colonne de la gauche indique la longueur du foyer des objectifs, exprimée en pieds ; la ſeconde, le diametre de l'ouverture de l'objectif, exprimée en lignes ; la troiſieme, la longueur du foyer des oculaires, exprimée en lignes ; la quatrieme, le diametre du diaphragme au foyer de l'objectif en lignes ; & la cinquieme, l'augmentation des diametres apparens des objets.

Pour une Lunette à quatre verres.

Pié.	Lign.	Lign.	Lign.	Fois.
1	4 ½	16	4	9
2	6 ½	22	5 ½	13
3	9	26	7 ½	17
4	11	28	9	21
5	12	30	10	24
6	13	31	10 ½	28
7	14	34	11	30
8	15	36	11 ½	32

La Table ſuivante fait connoître la longueur du foyer des objectifs, le diametre de leur ouverture, la longueur du foyer des oculaires & l'augmentation des diametres apparens des objets. La premiere colonne exprime la longueur des foyers des objectifs en

rer sensiblement ; & cela arrivera de même toutes les fois que les lentil-

---

pieds ; la seconde le diametre des objectifs en pouces & lignes ; la troisieme la longueur du foyer de l'oculaire en pouces & lignes ; & la quatrieme l'augmentation des diametres apparens des objets.

Pour les Lunettes Astronomiques.

Pieds	Pouc.	Lignes.	Pouc.	Lig.	Envir.
1	0	6 ½	0	8	20
2	0	9	0	10	28
3	0	11 ½	1	0 ½	34
4	1	1	1	2 ½	40
5	1	2 ½	1	4	44
6	1	4	1	6	49
7	1	5 ½	1	7 ½	53
8	1	6 ½	1	8 ½	56
9	1	8	1	9 ½	60
10	1	9	1	11	63
11	1	10	2	0	66
12	1	11	2	2	69
14	2	0 ½	2	3	75
16	2	2	2	5	79
18	2	4	2	7	85
20	2	5 ½	2	8 ½	89
25	2	8	3	0	100
30	3	0	3	3½	109
35	3	3	3	7	118
40	3	6	3	10	126
45	3	8	4	0 ½	133
50	3	10	4	3	141

Cette table suppose que les objectifs sont

les dont on formera l'objectif, auront des rayons qui seront entr'eux, comme les différences des réfrangibilités, ou comme les angles que for-

bons, sans être des plus excellens ; car ceux-ci pourroient supporter des oculaires d'un foyer plus court, & des ouvertures plus grandes à l'objectif aussi-bien qu'au diaphragme du foyer. Lorsque les objectifs sont excellens, on peut leur donner des ouvertures plus grandes, & des oculaires d'un foyer plus court. C'est ainsi qu'un objectif excellent de 34 pieds, travaillé par Campani, porte aisément un oculaire de deux pouces & demi de foyer, & une ouverture de quatre pouces de diametre : alors il augmente environ 163 fois les diametres apparens des objets célestes qui conservent une clarté suffisante.

S'il est question d'un microscope à trois verres, l'oculaire doit être d'un pouce de foyer, & d'environ 9 lignes de diametre ; le verre du milieu placé à 8 lignes de distance de l'oculaire, doit avoir 18 lignes de foyer, & un pouce de diametre. On y peut ajouter différentes lentilles objectives de rechange, par exemple de 6, de 4, de 2, de 1 ligne de foyer ; cependant les ouvertures de ces lentilles doivent être très-petites, & assujetties à la bonté des verres. Leur distance à l'oculaire peut être d'environ 6 pouces.

La premiere espece de télescope, qu'on appelle *lunette de Hollande* ou *lunette de Galilée*, (c'est celle qui a été inventée la pre-

ment à la ſortie du verre, les rayons rouges avec les violets ; en ſuppoſant toujours que la réfraction moyenne eſt la même, du moins ſenſiblement.

---

miere, vers l'an 1609, & qui a été ſeule en uſage pendant près de 40 ans), a pour oculaire un verre concave ou plan-concave *P Q* (*fig.* 38), placé entre l'objectif *M N* & ſon foyer *o*, de maniere que les axes des deux verres concourent en une même droite *A o*, & leurs foyers en un même point *o*. Par cette conſtruction il eſt viſible, 1°. que parce que la ſurface de l'objectif peut être beaucoup plus grande que l'ouverture de la prunelle, il peut tomber ſur l'objectif une quantité des rayons partis d'un même point d'un objet, beaucoup plus grande que celle qui pourroit entrer dans l'œil. 2°. Que l'objet étant comme infiniment éloigné, les rayons incidens & paralleles (repréſentés, ici par *A D* & par ſes paralleles), qui par la réfraction faite en traverſant l'objectif *M N*, convergeroient au point *o*, redeviennent paralleles après avoir traverſé l'oculaire, mais que comme l'oculaire a été placé vers la pointe *o*, du cone des rayons réunis par l'objectif, & que ces rayons ſont fort denſes vers cette pointe, ces mêmes rayons ſont fort denſes en ſortant de l'oculaire. 3°. Que par conſéquent, ſi au ſortir de l'oculaire, ils ſont reçus dans un œil d'une vue excellente, ou dans un œil preſbite, ils doivent y former une image du point de l'objet d'où ils ſont partis,

Cependant les objectifs pourroient encore être excellens, & ne séparer pas sensiblement les couleurs, si les réfractions moyennes étoient peu diffé-

---

laquelle est d'autant plus vive que le faisceau de rayons sortans de l'oculaire est plus dense qu'il n'étoit en rencontrant l'objectif, & que l'ouverture de l'objectif est plus grande que celle de la prunelle.

Pour ce qui regarde les points *B* de l'objet *O B*, qui sont situés hors de l'axe *A o* du télescope, il est clair qu'ils envoient des rayons paralleles, (représentés ici par *C D*, & par ses paralleles), que l'objectif tend à réunir au point *b*, proche du point *o*, & qui rencontrant l'oculaire *P Q*, en sortent sensiblement paralleles & très-denses; de maniere qu'un œil presbyte, ou un œil d'une vue excellente, en doit recevoir une image très-vive du point *B*: mais parce qu'au sortir de l'oculaire, le faisceau qui forme cette image, diverge du faisceau qui forme celle du point *o*, un même œil ne peut recevoir en même temps ces 2 images, à moins que sa prunelle ne soit assez ouverte & assez proche du concours *F* des directions de ces 2 faisceaux; *d'où il suit qu'en regardant un objet par le moyen de ce télescope, on voit un nombre de ses parties, d'autant plus grand, que l'œil est plus proche de l'oculaire, & que l'ouverture de la prunelle est plus grande.* Mais parce que l'ouverture de la prunelle est naturellement fort petite, & qu'elle se rétrécit involontairement

rentes. Dollond a trouvé que les différences de réfrangibilité dans le Crownglaſſ, & le Flintglaſſ, étoient à peu près comme 2 à 3 ; & Clai-

---

à proportion de la lumiere qui y entre, il eſt clair que *le champ de ces ſortes de téleſcopes eſt d'autant plus petit que l'objet eſt plus lumineux, & que l'oculaire eſt d'un plus grand foyer*. Enfin, parce que la nature de la lumiere ne permet pas de mettre des oculaires d'un auſſi petit foyer qu'on veut, qu'au contraire les foyers des oculaires doivent être plus longs, à proportion de la longueur des foyers des objectifs, il ſuit que le *champ de ces ſortes de téleſcopes eſt d'autant plus petit que le téleſcope eſt plus long*. C'eſt cet inconvénient qui en a aboli l'uſage pour les objets fort éloignés, & qui par conſéquent demandent de longues lunettes : on n'en fait plus guere de cette eſpece, que ceux qui doivent être fort cours, pour ne pas trop groſſir les objets, tels ſont ceux qu'on nomme vulgairement *lorgnettes d'Opéra*.

On voit encore par la conſtruction de ce téleſcope, que les objets y doivent paroître droits : car le faiſceau *c* des rayons qui font voir l'extrêmité *B* de l'objet qui eſt au deſſous de l'axe *A K*, eſt auſſi reçu par l'œil dans une direction *c F*, qui vient de deſſous l'axe.

Parlons mainteaant des *téleſcopes catadioptriques*. Un *téleſcope catadrioptrique* a la propriété de détourner les faiſceaux des rayons

raut, dans les Mémoires de l'Académie (an. 1756 & 1757), a pensé que ce rapport est égal à celui de 10 à 16, lequel est le même que

---

partis de l'objet, qui s'étant réfléchis sur la concavité d'un miroir sphérique, convergent pour former une image *f* (*fig.* 39) de cet objet, sur l'axe ou près de l'axe du miroir, & du même côté que l'objet, ce qui l'empêche d'être vu directement par le moyen d'un ou de 3 oculaires; car il faudroit que le spectateur plaçât sa tête entre l'objet & l'image, ce qui empêcheroit la lumiere de l'objet de parvenir au miroir en assez grande quantité & assez près de l'axe.

Pour éviter cet inconvénient, on place un petit miroir plan *m H*, incliné à l'axe du miroir sphérique de 45 degrés; ce miroir plan renvoie en *o* la pointe du cone des rayons réfléchis où est l'image, & on ajoute 1 ou 3 oculaires dans la ligne *o F*, selon que l'on veut voir cette image renversée ou droite. Pour cet effet on perce le côté *M N* du tuyau du télescope.

Le principal avantage de ce télescope, qu'on appelle *Newtonien*, c'est de faire le même effet que les télescopes à réfraction, quoiqu'il soit beaucoup plus court que ceux-ci; ce qui vient premierement de ce que l'image formée par l'objectif, n'en est éloignée dans le miroir sphérique, que du quart de l'axe de sphéricité, (l'objet étant supposé à une distance infinie), tandis qu'elle

celui de 5 à 8. D'ailleurs, dans le Flintglass, la réfraction moyenne ou l'angle que fait le rayon violet avec l'axe d'une lentille, excede d'un $\frac{1}{50}$,

---

est éloignée d'un verre également convexe de deux côtés, du demi-axe de sphéricité ; en second lieu, de ce que cette image ne se trouve pas placée entre l'objectif & les oculaires, comme dans les télescopes astronomiques ; mais sur-tout de ce qu'un même miroir objectif peut supporter des oculaires de foyers fort différens entr'eux, & même d'un foyer extrêmement petit ; ce qui fait qu'un même télescope catadioptrique équivaut à plusieurs lunettes à réfraction de différentes longueurs, parce que ces dernieres ne peuvent guere être bonnes, qu'en leur donnant des oculaires dont les foyers aient certains rapports avec ceux des objectifs ; & les limites de ces rapports sont assez étroites.

Dans l'usage de ce télescope, on voit que le miroir plan *m H* doit être mobile, pour faire tomber les images des objets au foyer de l'oculaire, puisque cette image s'éloigne du miroir objectif à mesure que l'objet s'en approche. Il faut aussi que l'oculaire puisse couler le long du tuyau *M N* du télescope, en même temps que le miroir plan *m H* se meut en dedans de ce tuyau, afin que cet oculaire ait son foyer placé au sommet du cone des rayons détournés par le miroir plan *H m*. On voit encore que les myopes doivent rapprocher un peu le miroir *H m*,

environ la réfraction moyenne d'une autre lentille égale de Crownglaſſ. Je penſe cependant que cette petite différence ne peut pas nuire beaucoup à la

---

afin qu'en plaçant l'image entre l'oculaire & ſon foyer, les rayons ſortent de l'oculaire en divergeant autant qu'il eſt néceſſaire pour la leur faire voir diſtinctement.

Il y a encore une autre eſpece de téleſcope catadioptrique, moins ſimple & propre à faire voir les objets terreſtres, ainſi que les objets céleſtes, on l'appelle *Gregorien*. On préſente à un objet un miroir ſphérique concave *A B* (*fig.* 40), & un peu au-delà de l'image *F* de cet objet, qui ſe forme ſur l'axe *O F* de ce miroir, on poſe un autre miroir ſphérique-concave *C D*, d'un foyer plus court, & d'un diametre beaucoup plus petit, mais dont l'axe eſt dans la même droite que celui du premier miroir *A B*: l'image *F* eſt à l'égard du miroir *C D*, comme un objet placé entre ſon foyer *G*, & ſon centre *E*; c'eſt pourquoi il ſe forme ſur le même axe une ſeconde image *H*, laquelle eſt d'autant plus éloignée au-delà du centre *E*, que la premiere image *F* eſt plus près du foyer *G* du petit miroir; mais en approchant ce petit miroir de l'image *F* ou en l'en écartant, on porte la ſeconde image *H* à la diſtance qu'on veut. On a coutume de la placer un peu en deça du miroir *A B*, qu'on perce vers ſon milieu *I*, afin que l'image *H* puiſſe être vue à l'aide

bonté des objectifs formés de deux lentilles, de la maniere qu'on vient de l'expliquer.

On remédie donc à l'inégale ré-

---

d'un oculaire *P Q*; & il est évident que cette image doit paroître droite, car elle est renversée à l'égard de l'image *F*, laquelle est elle-même renversée à l'égard de l'objet.

Lorsque l'objet est fort lumineux, on peut, pour aggrandir la seconde image, la faire tomber vers *O* au-delà du miroir *A B*, & placer en *O* le foyer d'un oculaire *P Q*, afin que les rayons qui tendent à former l'image vers *O*, tombent sur cet oculaire, en sortent paralleles, & soient reçus ensuite sur un autre oculaire placé au-delà du point *O*, qui les fasse converger en un point où il faut mettre l'œil.

On peut voir que dans ces 2 especes de télescopes, le petit miroir placé dans l'axe du grand, arrête nécessairement tous les rayons paralleles à l'axe, qui tomberoient sur le milieu du miroir objectif, ensorte qu'il est indifférent qu'en cet endroit le miroir soit percé ou non.

Les désavantages de ces télescopes sont, qu'ils ont peu de champ; qu'ils sont difficiles à diriger vers les objets; qu'ils demandent des précautions extraordinaires, tant dans leur construction que dans leur usage; qu'ils sont d'une très-grande dépense & très-faciles à gâter.

M. Cassegrain a un peu perfectionné le

frangibilité des rayons, en faisant des lunettes qu'on appelle *achromatiques*, & qui sont composées de deux sortes de verres, qui dispersent inégalement

---

télescope Gregorien en faisant le petit miroir convexe au lieu de le faire concave ; ce qui fait que les rayons devenant moins convergens, font paroître l'objet renversé, mais plus grand, & que le tube peut être plus court. Les Astronomes préferent communément la lunette astronomique à deux verres à celle qui en a plus ; 1°. parce qu'elle est capable d'un plus grand champ ; 2°. parce qu'elle peut supporter un oculaire d'un plus court foyer ; & qu'elle grossit davantage les objets ; 3°. parce qu'elle est plus courte ; 4°. parce qu'il y a moins de perte de lumiere à cause qu'il n'y a que 2 verres à traverser. Les grands télescopes qui grossissent 100 fois ou plus, ne sont pas bons pour les objets terrestres, mais seulement pour les astres : parce que la lumiere des objets terrestres plus sensible que celle des astres, se trouve alors trop dispersée dans les larges images que forment les objectifs. D'ailleurs cette lumiere qui rase la terre est continuellement détournée par les vapeurs grossieres qui flottent dans l'air, d'où résulte un tremblement dans les parties de l'image qui paroît mal terminée.

L'expérience a fait voir que les images formées par réflexion, n'étoient pas à beaucoup près si sujettes à être confuses que celles qui sont formées par réfraction. On conçoit en

les rayons colorés, de maniere que la dispersion de l'un est corrigée par

effet que puisque les rayons, après s'etre séparés par la réfraction, vont en s'écartant de plus en plus, les différens faisceaux qu'ils forment doivent se distinguer de plus en plus par leurs couleurs. Mais dans la réflexion, la séparation des rayons paralleles ne se fait pour ainsi dire que dans le point d'incidence, ou que dans l'intervalle compris entre le point d'incidence & le point de réflexion. Après la réflexion ces rayons très-peu séparés, sont encore sensiblement paralleles, ce qui fait qu'on ne peut appercevoir cette séparation des rayons : il arrive seulement que les faisceaux des rayons réfléchis sont tant soit peu plus gros qu'auparavant. On ne doit donc pas appercevoir des iris dans les télescopes catadioptriques, mais seulement un peu de confusion dans les images, causée en partie par ce renflement de faisceaux, & en partie par la sphéricité des miroirs. D'où il suit qu'on peut donner une ouverture beaucoup plus grande aux miroirs objectifs des télescopes, qu'aux verres objectifs de même foyer, ce qui doit rendre les images par réflexion, beaucoup plus vives, & par conséquent distinctement visibles à l'aide d'une lentille d'un foyer fort court : elles peuvent donc paroître très-grandes, sans cesser d'être claires ; avantages qu'on ne peut se procurer avec des télescopes par réfraction, à moins qu'ils ne soient d'autant plus longs, (comme les tables ci-dessus le font voir), & par conséquent d'autant plus incommodes à manier.

la dispersion de l'autre, sans que la réfraction générale moyenne qui cons-

---

Dans l'usage des télescopes catadioptriques Newtoniens, on se sert de différens oculaires, selon la lumiere de l'objet que l'on veut voir, & selon la grandeur dont on veut que son diametre apparent soit augmenté. Voici les dimensions qu'on peut donner aux parties de ces télescopes, pour faire un bon effet.

Longueur du Foyer du Miroir Concave.	*Diametre de l'Ouverture du Miroir.*		*Longueur moyenne du Foyer de l'Oculaire.*		*Augmentation des Diametres apparens des Objets.*
Pieds,	Pou.	Lig.	Lig.	Centiemes	Environ.
½	0	11	2	00	36
1	1	6	2	39	60
2	2	6	2	83	102
3	3	3	3	13	138
4	4	1	3	37	171
5	4	10	3	54	202
6	5	7	3	73	232
7	6	3	3	88	260
8	6	11	4	01	287
9	7	7	4	13	314
10	8	2	4	24	340
11	8	9	4	34	365
12	9	4	4	44	390

titue la lunette, ſoit anéantie. Une lunette de trois pieds & demi de longueur, faite ſur ce principe, équi-

---

A l'égard du petit miroir plan *m H* (*fig.* 39), il doit être ovale, & il coupe ſous un angle de 45 degrés l'axe *A ó* du cone *D ó D* des rayons incidens parallelement à l'axe : ſes dimenſions dépendent de l'eſpace que tous les rayons réfléchis occupent à l'endroit où l'on doit placer le miroir, pour faire uſage de l'oculaire dont le foyer eſt le plus court. M. de la Caille, de l'optique duquel nous avons tiré une grande partie de ce que nous venons de dire ſur cette matiere, avoit un pareil téleſcope, dont le foyer du miroir objectif étoit de 2 pieds: le petit miroir avoit près de 7 lignes dans ſa plus grande largeur, & 5 dans ſa plus petite.

Il y a encore quelques inſtrumens ingénieux dont pluſieurs lecteurs ſeront bien aiſes de trouver ici la deſcription. La chambre obſcure portative eſt une boîte *BACDGFB* (*fig.* 41) qu'on met ſur une table, on adapte une lentille convexe au couvercle *AB* de la boîte; & les rayons qui viennent de l'objet *P Q*, après avoir été réfléchis par le miroir plan *S E*, traverſent la lentille, & vont peindre l'objet ſur le fond de la boîte en p^1 q^1 dans une ſituation renverſée, de ſorte que l'on peut peindre cet objet ſur le fond de la boîte.

La *lanterne magique* ne differe pas beaucoup

vaut

vaut pour l'effet aux anciennes lunettes de 25 pieds de longueur.

de la chambre obſcure dont on vient de parler : car l'objet *P R* (*fig.* 42) ſe place entre la chandelle *L* & la lentille convexe *A B*; de cette maniere l'image *r p* de l'objet ſe peint ſur le mur oppoſé.

Le microſcope ſolaire eſt un inſtrument qu'on peut repréſenter par la figure 43 : il eſt compoſé d'un miroir plan *A B* qui réfléchit les rayons ſolaires dans un tube *a b* adapté au trou du volet d'une fenetre d'une chambre qui regarde le midi. Les rayons réfléchis par le miroir plan *A B* entrent dans la lentille *M* dont la longueur du foyer ſoit de 8 ou 9 pouces. Le petit verre *d* qui porte l'objet qu'on veut examiner, étant placé vers ce jet de lumiere vive & un peu en-deçà du foyer de la lentille *n*, l'objet paroîtra prodigieuſement amplifié ſur une toile blanche *r s*, élevée verticalement à 11 ou 12 pieds de diſtance vers le fond de la chambre. Comme la lentille *n* eſt couverte du côté de l'objet par une lame de plomb fort mince qui n'a d'autre ouverture qu'un trou percé au milieu, comme celui que pourroit faire une épingle, les rayons qui viennent ſe croiſer dans ce petit trou, peignent très-diſtinctement ſur le haut de la toile, mais d'une maniere renverſée les objets placés en *d*. Une puce écraſée ſur le porte-objet, paroît de la groſſeur d'un mouton.

On appelle *polémoſcopes* des inſtrumens ſoit de catoptrique, ſoit de dioptrique, par le moyen deſquels on peut voir, ſans être vu.

Une remarque importante, qu'on ne doit pas paſſer ſous ſilence : *c'eſt que pour voir les objets d'une maniere également diſtincte par le moyen de 2 téleſcopes, les longueurs des ſoyers des oculaires doivent être dans le rapport des racines des longueurs des foyers des objectifs* ; de maniere que ſi la longueur du foyer de l'objectif dans le

---

La partie principale eſt ordinairement un miroir incliné qui réfléchit les rayons dans un tube, & renvoie l'image de l'objet au ſpectateur qui ne ſauroit le voir en ligne droite. Un homme ſédentaire & curieux, du milieu de ſa chambre & ſans quitter ſon bureau, un malade aſſis ſur ſon lit, ſe procure la vue de ce qui ſe paſſe dans une longue rue ou dans une place publique, par le moyen d'une glace placée au côté d'une fenêtre, avec une inclinaiſon convenable ; un pareil miroir incliné à l'horizon, & qui s'avance un peu hors de la fenêtre, met un homme d'étude en état de ſe ſouſtraire aux viſites importunes, en lui faiſant connoître ceux qui heurtent à la porte de ſa maiſon.

Quand on veut un polémoſcope portatif, on incline la glace de 45 degrés au fond d'une boîte, dont le devant reſte tout-à-fait ouvert (*fig.* 43. P) ; & l'on fait au côté de cette boîte ſur lequel la glace eſt inclinée, un trou de 2 pouces de diametre ou environ, pour recevoir un tuyau de la longueur qu'on le veut avoir ; & les rayons réfléchis vont porter l'image de l'objet à l'œil placé au bout de ce tuyau. Avec un pareil inſtrument, on peut voir par-deſſus la muraille d'une Ville, d'un jardin, même dans une chambre voiſine, placée ſur

premier téleſcope eſt de 16 pieds, & de 9 pieds dans le ſecond, la longueur du foyer de l'oculaire du premier doit être à la longueur du foyer de l'oculaire dans le ſecond, comme 4 ſont 3. Mais dans deux téleſcopes également bons, c'eſt-à-dire, dans leſquels la diſtinction & la clarté eſt proportionnelle à l'augmentation de la grandeur apparente des objets, *il y aura la même clarté, pourvu que les diametres des ouvertures* ſoient entr'eux comme les racines des longueurs focales des objectifs.

CHAPITRE IV.

De la Vision.

49. Les ſourcils défendent extérieurement les yeux expoſés à une trop grande lumiere, & leur pro-

la même ligne que celle où l'on eſt, pourvu qu'il y ait aſſez de lumiere & que la fenêtre en ſoit ouverte ; car ſi les vitres étoient fermées, elles ne laiſſeroient pas peut-être paſſer aſſez de rayons pour faire une impreſſion ſenſible ſur la rétine. Bien des gens portent de ces ſortes d'inſtrumens dans leur poche ; ils regardent tout à leur aiſe les perſonnes qui ſont à côté d'eux, dans le temps qu'on les croit occupés de ce qui ſe paſſe loin delà devant eux : ils cachent par cet artifice, une curioſité que pluſieurs regarderoient comme une indiſcrétion & une impoliteſſe.

curent de l'ombre ; mais les paupieres veillent de plus près à la conservation de cet organe. Chacune, pour se fermer exactement, a sur le bord par lequel elles se touchent, un arc catilagineux qui la tend, & l'empêche de former des rides lorsqu'elle est élevée ou abaissée : on l'appelle *tarse*, & il est garni de cils qui sortant en dehors, augmentent l'ombre ou l'obscurité lorsqu'ils se croisent, & qui lorsqu'ils sont noirs, font distinguer plus exactement les objets, en absorbant les rayons étrangers qui troubleroient la vue. La matiere des larmes empêche le frottement continuel des paupieres, qui montent & descendent sur l'œil, & conserve la souplesse de la *carnée*, qui est une tunique transparente placée vers le milieu de l'œil, sur la *sclérotique*, qui est une autre tunique blanche, opaque, d'un tissu serré, dont la figure est à peu près sphérique. Au dessous de cette membrane on trouve la chorroïde (*fig.* 44) : c'est une lame d'un tissu de vaisseaux, qui portent une espece d'encre propre à lui donner la couleur noire ou

brune : elle blanchit avec l'âge. La chorroïde, en s'avançant vers la cornée ou vers *b b*, prend le nom d'*uvée* ; & celle-ci, en se dédoublant vers les bords de la cornée transparente, forme l'*iris g g*, qui est un cercle coloré qu'on apperçoit sous la cornée transparente, & au milieu duquel il y a un trou rond *c*, qu'on appelle la prunelle ou la *pupille*. L'iris est composée de fibres musculaires, dont la couleur change suivant les différens individus : les unes forment des cercles concentriques ; les autres sont disposées comme des rayons qui tendent au centre de la prunelle. La partie postérieure de l'iris, est ce qu'on nomme l'*uvée* ; l'autre partie *d d* de la chorroïde, forme la couronne ciliaire qui enveloppe le *crystallin* : c'est une espece de lentille plus convexe vers le fond de l'œil que pardevant. Cet anneau disposé ainsi autour de la lentille crystalline, forme ce qu'on appelle le cercle *ciliaire* ; les ligamens ciliaires ou proces ciliaires, naissent de la chorroïde ; ils se terminent en barbe de plume pendante ; sont couchés sur l'humeur vitrée,

& adherent à la capſule du cryſtallin. Le *nerf optique i i*, qui vient du cerveau, diminue à ſon paſſage dans la ſclérotique, & cette diminution va quelquefois au delà de deux tiers. Ce nerf ainſi diminué, rencontre une membrane mince & tranſparente, que j'appellerai *membrane cribleuſe*, (placée ſelon Muſſenbroek,) dans l'épaiſſeur de la ſclérotique; la pie-mere ſe ſépare alors de ce nerf, pour s'approcher de la ſclérotique. La membrane cribleuſe eſt percée de trente petits trous qui donnent paſſage à la ſubſtance médullaire du nerf optique, diviſée en petits faiſceaux accompagnés de fibres cellulaires que la figure ne repréſente pas. On remarque une artere & une veine connues ſous le nom de veine & d'artere centrales d'Albin, qui paſſent par le centre de la membrane cribleuſe, & par le milieu du nerf optique, qui, après avoir paſſé à travers les trous de la membrane dont nous venons de parler, forme une eſpece de petit bouton conique & blanc. Dans l'endroit où la rétine prend ſon origine, on remarque un cercle plus tranſparent, dont l'étendue eſt égale

à celle de la lame cribleuſe : c'eſt dans ce lieu que ſe réuniſſent tous les faiſceaux médullaires pour former la *rétine* : c'eſt une membrane qui s'étend uniformément ſur la chorroïde en forme de calotte ſphérique : elle paroît compoſée de deux feuillets, dont celui qui répond à la chorroïde eſt médullaire, mou & tendre : l'autre eſt une membrane vaſculeuſe plus épaiſſe. La rétine s'étend ſur la chorroïde, ſe porte en avant, & ſe termine à l'origine du *proces ciliaire*.

L'intérieur du globe de l'œil eſt partagé en *trois chambres* : la premiere eſt compriſe entre la cornée tranſparente & l'iris : la ſeconde entre l'iris & le cryſtallin, qui forme avec la couronne ciliaire une eſpece de cloiſon. Ces deux premieres chambres communiquent enſemble, par le moyen de la prunelle, & renferment l'*humeur aqueuſe*, qui eſt une liqueur claire comme de l'eau : la troiſieme chambre, beaucoup plus grande que les précédentes, eſt compriſe entre la lentille cryſtalline & le fond de l'œil : elle contient une ſubſtance très-limpide *h h*, d'une conſiſtance

semblable à celle de la gelée de viande : elle est connue sous le nom d'*humeur vitrée*. Du côté de cette humeur, on remarque un canal circulaire qui entoure le crystallin ; je l'appellerai le *canal de Petit*, parce qu'il a été découvert par ce fameux Anatomiste : il paroît devoir son origine à la tunique de l'humeur vitrée, qui en cet endroit est composée de deux feuillets, dont l'intérieur renferme l'humeur vitrée, tandis que l'extérieur recouvre une portion du crystallin. Haller pense que ce cercle cellulaire, qui se tuméfie lorsqu'on y insinue de l'air, doit son origine à la rétine, qui postérieurement s'éloigne un peu de la membrane vitrée, & se continue antérieurement avec la capsule du crystallin, qu'on auroit tort de mettre au nombre des humeurs ; car il est composé de lames qui se succedent en formant des feuillets entre lesquels il y a une liqueur transparente, qui devient naturellement jaune dans la vieillesse.

50. L'œil est mu en différens sens par différens muscles, dont les uns

ſont appellés *droits*, & les autres *obliques*. Voyons maintenant comment ſe fait la viſion.

51. Plus la prunelle eſt ample, (& ſes dimenſions peuvent devenir doubles dans les ténebres), plus elle tranſmet des rayons réfléchis par le même point d'un objet. Pour voir diſtinctement, nous avons beſoin d'un certain nombre de rayons, dont l'action ſur la rétine ne ſoit ni trop forte, ni trop foible; c'eſt la raiſon pour laquelle nous modifions la lumiere qui pénetre dans nos yeux, en dilatant ou en contractant la prunelle. Il paroît qu'une trop forte lumiere irrite les fibres de l'iris, ou plutôt elle irrite la rétine, & par ce moyen l'iris; car la rétine eſt plus irritable que l'iris (1), & cette irritation occaſionne la contraction de la prunelle. Les rayons arrivant de l'air, qui eſt un fluide extrêmement ſubtil, traverſent la cornée dont la force réfractive eſt quatre fois plus grande que celle de l'eau; enſorte qu'ils s'approchent beaucoup de la

(1) Commentar. Gothing., v. 2, p. 133.

perpendiculaire, paſſent enſuite dans l'humeur aqueuſe, qui eſt en très-petite quantité, preſque ſemblable à l'eau, & beaucoup plus légere, en convergeant un peu moins; mais leur convergence augmente en entrant dans le cryſtallin; car on fait voir par certaines expériences, que la force de réfraction dans cette lentille eſt égale à celle du diamant, dans lequel le ſinus de l'angle de réfraction eſt moitié du ſinus de l'angle d'incidence. Les rayons convergent donc beaucoup en paſſant par la ſurface antérieure, & ſur-tout par la poſtérieure, qui eſt très-convexe. Paſſant delà dans l'humeur vitrée, plus denſe que l'eau, puiſqu'elle va au fond, mais moins denſe que le cryſtallin, continuent à ſe rapprocher de la perpendiculaire, juſqu'à ce que dans un œil bien conſtitué, ces rayons arrivant d'un point de viſion diſtincte (*fig.* 45), ils peignent ſur la rétine l'image de l'ojet *B C* renverſée, parce qu'ils ſe ſont néceſſairement croiſés. On peut obſerver cette image dans un œil de veau, auquel on a ôté la partie ſupérieure de la ſclé-

rotique. Lorſque le cryſtallin eſt détruit, ou quand on l'a tiré de l'œil par l'opération de la cataracte, l'humeur vitrée réunit les rayons, mais plus foiblement. Si les rayons qui partent du point *B* ſe réuniſſent avant d'arriver à la rétine, ou s'ils ne tendent à ſe réunir qu'au-delà de la rétine, ils ne pourront peindre en *b* l'image du point *B*, qui par conſéquent ſera confuſe; car pour la viſion diſtincte, l'image doit être peinte ſur la rétine dans le plus petit eſpace poſſible. La rétine étant compoſée de deux membranes, l'une intérieure & vaſculaire, qui reçoit l'humeur vitrée, l'autre extérieure & médullaire, (ce qui eſt contre le ſentiment de preſque tous les Phyſiciens), ne peut-on pas dire que la partie vaſculaire ſur laquelle ſe peignent les images des objets, défend les fibres médullaires, qui ſont fort délicates, & les empêche de vaciller, quoiqu'en même temps elle leur communique aſſez de mouvement pour tranſmettre l'impreſſion juſqu'au ſenſorium? Ne peut-on pas dire que la membrane antérieure du *chaton du*

cryſtallin comprime aſſez fortement cette lentille contre l'humeur vitrée, & en exprime la liqueur qu'elle contient entre ſes feuillets ? ou bien, peut-on penſer que le liquide de ſa capſule étant preſſé, ſe porte dans le *canal de Petit*, qui eſt vuide ou dilatable, de maniere que la liqueur comprimée ſe retire dans ſa cavité ? Peut-on croire que la membrane de la capſule venant à ſe relâcher, l'élaſticité des lames du cryſtallin ſuffit pour rétablir cette lentille dans ſa premiere figure, pour développer & étendre ſa capſule, afin que l'humeur ſe faiſant jour entre ſes membranes, abandonne le canal de Petit ? ou bien eſt-il plus probable que le changement de figure du cryſtallin eſt dû à l'action de la membrane de la capſule, & non à celle des proces ciliaires, qui flottent ſur ſon contour ? Les différens changemens qui arrivent à l'œil relativement aux dimenſions de la pupille, à la figure du cryſtallin, à ſa diſtance à la rétine, & peut-être même relativement à la convexité de la cornée, qui augmente, dit-on, par l'action des

muſcles qui compriment l'œil, & le portent en devant, ſont reſſerrées dans des bornes plus ou moins étroites qui dépendent de la ſtructure de l'œil, de ſa flexibilité, de l'âge, de l'exercice qu'on a coutume de faire. Dans les hommes qui ſont dans l'uſage de conſidérer des petits objets, comme les peintres, les gens de lettres, les graveurs, les horlogers, les yeux ſe contractent; ils deviennent myopes; enſorte que ces gens-là ne peuvent plus voir diſtinctement les objets éloignés. Mais ceux qui, comme les navigateurs & les chaſſeurs, ſont dans l'habitude de conſidérer des objets fort éloignés, ont les proces ciliaires fort relâchés, & diſtinguent difficilement les petits objets placés à une petite diſtance. On fera donc très-bien de s'accoutumer à regarder habituellement de grands objets fort éloignés, & de petits corps placés à une petite diſtance : c'eſt le conſeil que donne Ramazzini, dans ſon Traité des Maladies des Artiſans.

52. Les rayons qui arrivent des lieux très-diſtans, & qui peuvent

paſſer pour paralleles, ſe réuniroient dans l'humeur vitrée avant que d'arriver à la rétine ; mais le cryſtallin s'approchant alors de la rétine, le point de concours des rayons pourra tomber ſur cette membrane ; car enfin l'œil qui raſſemble ſur la rétine les rayons qui viennent de la diſtance de 8 pouces, réunira en deça de cette membrane ceux qui viennent de la diſtance de 4 pieds. Il étoit donc convenable que les yeux fuſſent mobiles, & ſuſceptibles d'un changement de figure. Les forces qui réuniſſent les rayons, ſont différentes dans différens individus, & quelquefois même dans les yeux du même homme, dont l'un eſt preſbyte, & l'autre myope. Il y a des hommes qui ont la cornée plus convexe & plus denſe, le cryſtallin pareillement plus ſolide & plus convexe, l'œil plus long. Ce ſont ces vices réunis ou ſéparés, qui font qu'on ne peut voir les objets diſtinctement qu'à une petite diſtance. L'iris eſt ſenſible à une petite lumiere dans les perſonnes qui ont ce défaut ; & parce qu'elles clignent les yeux, on les ap-

pelle myopes. Dans ces yeux le point de viſion diſtincte ſe trouve entre un & ſept pouces de diſtance de l'œil. Dans un œil bien conſtitué, la viſion eſt confuſe lorſque les objets ſont trop voiſins de la cornée; parce que les rayons s'éparpillant ſur la rétine, ne ſe réuniſſent dans aucun endroit. L'âge donne quelque eſpece de guériſon aux myopes, car tous les enfans le ſont; mais avec l'âge l'œil eſt applani par la force des parties ſolides, il devient plus court, & la force réfringente du cryſtallin & de la cornée diminue.

53. Les *preſbytes* ont un défaut contraire au premier, ne voyant diſtinctement les objets que dans des diſtances très-éloignées, & ce défaut qui eſt très-fréquent, paroît incurable, ſur-tout dans les vieillards. Dans ce cas le cryſtallin & la cornée ſont moins convexes, & la force de réfraction des humeurs de l'œil eſt moins conſidérable; enſorte que les rayons arrivent à la rétine avant de s'être réunis, & rendent la viſion confuſe: on diſtingue bien les objets éloignés, dont les rayons arrivent

presque paralleles à l'œil. Le point de la vision distincte des presbytes, est entre 30 & 15 pouces. On conseille à ceux qui ont ce défaut de la vue, de se servir de tuyaux noircis, dont l'usage attendrit la rétine, & qui font arriver à l'œil les rayons paralleles, en absorbant les autres. On peut encore faire usage d'une lentille convexe de verre, qui en faisant converger les rayons, les réunit plus promptement à un foyer, & sur la rétine même. L'âge ne laisse aucun espérance de guérison, il augmente au contraire le mal.

54. L'œil bien constitué voit distinctement les objets assez proches & assez éloignés. On regarde comme bon celui qui peut lire exactement à un pied de distance. Mais les humeurs doivent être limpides, la pupille sensible, la rétine, ni trop dure ni trop tendre, & l'œil doit être très-mobile. Mais pour quelle raison l'ame ne voit-elle qu'un seul & unique objet, quoique son image soit peinte séparement dans chaque œil? Cet effet paroît venir de l'habitude que nous avons acquise, &

qui nous a appris qu'il n'y avoit véritablement qu'un ſeul objet, quoique ſon image fût double. Le goût & le tact nous apprenant que l'objet eſt ſeul & unique, quoiqu'il ſe peigne dans chacun de nos yeux, l'ame dans pluſieurs autres circonſtances, jugera qu'un objet eſt ſimple, quoiqu'il y ait une double repréſentation au fond des yeux, ſur-tout lorſque ce ſeront les fibres correſpondantes de la rétine qui recevront l'impreſſion. Enſorte que ſi on conçoit un petit cercle décrit dans chaque œil ſur la rétine, de maniere que les extrêmités des axes optiques ſoient le centre de ce petit cercle, alors les images qui viendront ſe peindre dans les mêmes parties de ce cercle, ou dans leurs parties oppoſées, ne repréſenteront à l'ame qu'une ſeule image; ainſi ſi dans l'œil droit l'image eſt à une certaine diſtance du centre de ce cercle du côté du nez, & que dans l'œil gauche l'image ſoit à la même diſtance du centre du cercle correſpondant, ſituée du côté du nez, ou du côté des temples, on ne verra dans ces deux cas qu'un ſeul

objet ; mais si les images de cet objet ne se peignent point dans les deux yeux sur les parties dont nous venons de parler, l'objet paroîtra double.

On remarque ce phénomene l'orsqu'on regarde d'abord un objet des deux yeux, & qu'on en pousse ensuite un en le comprimant à droite ou à gauche, en haut ou en bas ; car alors l'objet paroît double. On observe encore le même phénomene dans la paralysie des muscles de l'un ou de l'autre des yeux, & dans les spasmes. Les moribonds observent aussi ce phénomene, ainsi que ceux qui ont bu une trop grande quantité de vin, ou qui ont mangé de la racine de jusquiame. Il paroît se faire aussi par l'applatissement de la cornée, ou du crystallin de l'un des yeux, que non seulement on voit un objet double, mais qu'on le voit encore plus grand avec un œil qu'avec l'autre, comme cela est arrivé au grand Physicien Mussenbroeck. Un homme à qui l'œil est tourné par l'effet d'un coup qu'il a reçu, voit d'abord les objets doubles ; mais insensiblement & à la longue, il commence à voir

ſimples les objets qui lui ſont familiers, quoique ſon œil ſoit encore tourné. Ce qui vient ſans doute de ce que l'ame s'accoutume à juger que ces objets ſont ſolitaires, ſimples & non doubles : on remarque quelque choſe de ſemblable par rapport aux louches. Cette obſervation renverſe l'opinion de ceux qui penſent que les nerfs ſont à l'uniſſon dans les deux yeux, & que l'ame doit être également affectée, ſoit que l'image d'un objet ſe peigne dans un ſeul ou dans les deux yeux. Si ce ſentiment étoit vrai, nous ne découvririons pas une plus grande partie d'un objet, lorſque nous le voyons des deux yeux, que lorſque nous le regardons d'un ſeul : ce qui eſt cependant contraire à l'expérience. D'autres ont penſé que les nerfs optiques concouroient en un point commun, ſitué ſur cet os, qu'on appelle la *ſelle du turc*, pour ne former qu'un ſeul tronc de nerf qui ſe porte delà au *ſenſorium commune* : de cette maniere, ſelon eux, nous devons éprouver la même ſenſation, ſoit que l'impreſſion de l'objet ſe

fasse sur un seul nerf optique, ou sur les deux. Mais, selon les observations de Vesalle & d'Aquapendente, les nerfs optiques ne concourent pas toujours en un même point sur la *selle turcique*. D'ailleurs si on f rme un œil, & qu'on tienne l'autre ouvert, & que dans cette situation nous entrions dans une chambre un peu obscure, si alors nous dirigeons nos deux yeux ouverts vers un diamant qui jette quelque éclat, nous ne l'appercevrons point avec l'œil qui étoit ouvert, quoique nous le distinguons assez bien avec l'autre.

Borelli voyoit les objets plus grands & plus distinctement de l'œil gauche que de l'œil droit; il y en a au contraire qui voient mieux de l'œil droit que de l'œil gauche, tandis que d'autres personnes voient aussi distinctement d'un œil que de l'autre. On prétend même que les hommes qui ont un œil mauvais, voient les objets placés à la même distance, plus petits avec cet œil qu'avec l'autre œil. Ces trois dispositions de l'œil qu'on ne sauroit révoquer en doute, paroissent ve-

nir du cryſtallin, qui peut être égal dans les deux yeux, ou avoir une convexité, une tranſparence, une couleur, une conſiſtance différente.

Il y a un eſpace ſur la rétine qui eſt circulaire, dont le diametre n'eſt pas tout-à-fait d'une ligne, & qui eſt éloigné de 14 degrés deux minutes de *l'axe optique ;* ſi un objet vient ſe peindre ſur cet endroit, nous ne le voyons pas. Cet endroit de la rétine paroît être celui qui répond à la lame criblée, par les trente trous de laquelle le nerf optique & des vaiſſeaux ſanguins pénetrent dans l'œil. Cette lame criblée eſt circulaire, & ce n'eſt qu'au-delà de cette lame que le nerf optique s'épanouit pour former la rétine, & que ſa portion médullaire ſe développe ; enſorte que les objets qui ſe peindront ſur cet endroit, ne peuvent point être apperçus ; parce que les rayons qui en partent ou qui en ſont réfléchis, n'affectent point les extrêmités du nerf optique. Mais la ſtructure de l'œil ainſi que l'entrée du nerf optique dans le globe de l'œil, n'étant pas les mêmes dans tous

les hommes, un objet qu'on regardera d'une certaine maniere, cessera d'être visible à une certaine distance pour une personne, tandis qu'il sera encore visible pour une autre personne qui le regardera de la même maniere, comme cela arrive dans l'expérience de Mariotte (1): Pe-

(1) Ce Savant attacha contre une muraille de couleur sombre, un petit cercle de papier blanc pour fixer sa vue; & puis à la distance d'environ deux pieds sur la droite, il en plaça un autre un peu plus large & un peu plus bas que le premier: ensuite tenant l'œil gauche fermé, & fixant le droit sur le premier morceau de papier, il appercevoit en même temps le second qui étoit à côté; mais lorsqu'en reculant peu à peu, il fut éloigné à la distance de 4 pieds de la muraille, il perdit de vue celui-ci; & cet effet ne venoit pas de ce que ce papier étoit trop écarté de celui qui servoit de point de vue fixe; car les objets qui étoient encore plus loin sur la droite, s'appercevoient très-bien. Cette expérience réitérée, & retournée de toutes les manieres, eut toujours le même résultat; & cela prouve incontestablement que les images qui tombent précisément sur la partie médullaire du nerf optique, ne sont point sensibles; d'où M. Mariotte conclut que la rétine qui est une extension de cette partie

reault, Pecquet, Bernouilli, ſe ſont fort étendus ſur cette matiere ; ce dernier ſur-tout a ajouté des choſes fort curieuſes aux obſervations de ceux qui l'avoient précédé, ainſi qu'on peut le voir dans les Commentaires de Peterſbourg.

---

médullaire, eſt inſenſible comme lui, & qu'elle ne ſert qu'à modérer l'action de la lumiere qui pénetre ſon tiſſu lâche & tranſparent, avant que de toucher la chorroïde, où il prétend que s'accomplit la viſion. Mais il eſt évident qu'il ſe trompe, parce que la rétine eſt une moëlle nerveuſe, très-ſenſible ; que la chorroïde au contraire a peu de nerfs, & qu'elle eſt compoſée de vaiſſeaux certainement inſenſibles à la lumiere. D'ailleurs la grande variété de la chorroïde dans les animaux, la préſence conſtante de la rétine, la membrane noire placée entre la rétine & la chorroïde de certains poiſſons, ne permettent pas d'admettre cette opinion. Si nous en croyons Haller, la choroïde ſe trouve dans la place aveugle de l'œil ; mais elle y eſt blanche. Au reſte cette expérience fait voir que le nerf optique ne s'inſere pas dans l'axe de l'œil, mais à ſon côté ; enſorte que ſi l'on en excepte un ſeul cas, lorſque les lignes menées par les centres des nerfs optiques, ne peuvent ſe rencontrer, l'autre œil vient au ſecours de celui dont la place aveugle eſt tournée vers l'objet.

Si nous en croyons Photion, le Philoſophe, Aſclepiodote diſtinguoit les objets pendant la nuit. Pline aſſure la même choſe de Tibere, Plutarque de Marius, Fabrice d'Aquapendente nous apprend la même choſe d'un citoyen de Piſe. Willis parle d'une perſonne à qui cela arrivoit lorſqu'elle avoit bu beaucoup de vin. Boyle confirme la même choſe au ſujet d'une perſonne de diſtinction, qui étoit en priſon, qui le premier jour ne vit rien dans ſa priſon ; mais qui bientôt après diſtinguoit tous les objets qui l'environnoient. On obſerva la même choſe dans un homme dont l'œil avoit été bleſſé par la rupture d'une corde d'un inſtrument de muſique: cet homme voyoit très-bien de cet œil pendant la nuit. Pendant la nuit la plus obſcure, il y a toujours une lumiere très-foible à la vérité, mais qui étoit ſuffiſante pour ébranler la rétine délicate des perſonnes dont nous venons de parler.

La clarté avec laquelle nous voyons les objets, dépend de pluſieurs cauſes, 1°. De la plus grande quantité de

lumiere

lumiere que l'objet envoie à nos yeux, ce qui dépend en partie de sa distance; car la vivacité de la lumiere est en raison inverse du quarré des distances, comme nous l'avons dit ailleurs. 2°. La clarté dépend de la trasparence de l'athmosphere, de la couleur de l'objet, comme par exemple, s'il est blanc ou d'une couleur vive. 3°. Elle vient de la maniere dont l'objet est éclairé, mieux il sera éclairé, & plus on le verra distinctement. Il peut se faire aussi que la figure de l'objet soit telle, qu'il réfléchisse une grande quantité de lumiere vers l'œil. 4°. Plus la pupille est ouverte, plus les rayons transmis au fond de l'œil sont nombreux. La clarté vient encore de la transparence & de la pureté des trois humeurs de l'œil, de la bonne constitution de la rétine & du nerf optique, & enfin de la maniere dont on regarde un objet, soit avec les deux yeux, soit avec un seul; car il paroît que la clarté avec laquelle on le voit dans le premier cas, est à celle avec laquelle on le voit dans le second, comme 13 sont

à 12 (1). La prunelle des myopes & des enfans étant plus grande que celle des vieillards, les myopes & les enfans doivent voir les objets plus clairement que les hommes d'un certain âge. D'autre côté les humeurs de l'œil sont moins limpides dans les vieillards; leur rétine est plus dure & plus calleuse; & plus on avance en âge, plus la

(1) On peut en quelque sorte rendre raison de ce phénomene, si l'on fait attention avec moi que l'angle que forment les nerfs optiques à leur rencontre, avant d'entrer dans le cerveau est fort grand, & peut-être d'environ 116 degrés. Cela posé, si nous exprimons par 12 la force communiquée à chaque nerf, ou le mouvement que chaque nerf transmet, la force résultante sera exprimée par la diagonale d'un parallélogramme dont les côtés, qui expriment les mouvemens ou les forces des nerfs, sont égaux, & dont l'angle est peut-être d'environ 116 degrés. Mais les côtés étant exprimés chacun par 12, la diagonale sera exprimée par 13; & il semble que la vivacité de la sensation doit répondre à la force de l'impression. Ainsi, en voyant un objet par le moyen de deux yeux, on doit le voir comme s'il étoit éclairé par 13 lumieres, tandis qu'on le voit avec un seul œil, comme s'il n'étoit éclairé que par 12 lumieres égales.

pupille diminue, parce que la ſecrétion de l'humeur aqueuſe devient moins abondante : la pupille même peut ſe fermer tout-à-fait à la ſuite d'une plaie qui a procuré l'évacuation de l'humeur aqueuſe.

On dit que nous voyons diſtinctement un objet, lorſqu'il nous paroît bien terminé, que nous diſtinguons parfaitement ſes différentes parties & que nous pouvons juger ſainement de leurs couleurs & de leur ſituation. Pour que la viſion ſoit diſtincte, il eſt néceſſaire que les rayons, qui, ainſi que nous l'avons déjà dit, partent de chaque point d'un objet, concourent en un même point ſur la rétine, après avoir traverſé les humeurs de l'œil. La viſion ſera fort diſtincte lorſque l'image ſera grande, relativement à cet objet. C'eſt pour cela que nous voyons moins diſtinctement les objets trop éloignés que ceux qui ſont plus près; & que les myopes diſtinguent mieux les objets que les preſbytes. Les objets ne doivent être ni trop peu, ni trop éclairés; la lumiere du ſoleil nous bleſſe la vue, nous empêche de le

fixer & de le bien distinguer, à moins que nous ne nous servions d'un petit trou fait à un lame de métal, ou que nous le regardions à travers un verre enfumé, ou à travers un verre plan, d'une certaine épaisseur & coloré, soit qu'il soit bleu, jaune, verd, rouge : on peut sur-tout, par le moyen d'un verre bleu, distinguer très-bien les taches répandues sur la surface de la lune ; mais les rayons jaunes & rouges qui passent à travers un verre jaune ou rouge, introduisent trop de lumiere dans l'œil, pour qu'on puisse voir bien distinctement les taches du soleil ou celles de la lune (1). Si les objets ne sont pas assez éclairés, la lumiere n'ébranle pas suffisamment la ré-

(1) L'aveuglement de nuit, très-commun chez les Nations qui habitent les pays chauds, où le soleil paroît dans son plus grand éclat, & aux vieillards, doit son origine à la callosité de la rétine; celui du jour se remarque dans ceux qui ont les yeux enflammés ou extrêmement sensibles, & dans les jeunes gens d'un tempérament vif, dans lesquels la rétine est trop sensible. Les animaux dont la pupille est grande & dilatable & la rétine tendre, voient pendant

tine, & l'on ne peut les voir distinctement. Plus nous regardons d'objets à la fois, moins distinctement nous les voyons; parce que les différentes impressions que font les rayons qui partent de ces objets, se nuisent mutuellement : c'est pour cela que nous voyons plus distinctement un tableau en le regardant à travers un tube noirci, que lorsque nous le voyons sans le secours de cet instrument. Si les cils de nos paupieres sont noirs, ils absorbent presque toute la lumiere qui tombe sur eux, & ne la réfléchissent point dans les yeux comme ceux qui sont blancs; ainsi ceux dont les cils sont noirs,

---

la nuit. Le nerf optique ne pouvant pas être suffisamment ébranlé par des puissances plus petites, aussi-tôt après qu'il a éprouvé les effets des plus grandes, nous ne devons pas voir lorsque nous passons d'un lieu fort clair dans un lieu fort obscur; bien plus, nous devons sentir de la douleur dans les yeux, lorsque nous passons subitement d'un lieu obscur dans un lieu bien éclairé; parce que la pupille, qui dans ce moment est très-ouverte, laisse passer une trop grande quantité de lumiere qui affecte très-vivement la rétine, dont les ébranlemens qui avoient lieu dans l'obscurité étoient extrêmement foibles.

doivent voir plus distinctement que s'ils les avoient blancs. Les objets opaques qui ont un mouvement trop rapide, comme un boulet de canon, qui se meut dans l'air, forment dans nos yeux des images qui se dissipent très - promptement; ensorte que les fibres nerveuses en sont à peine ébranlées; aussi nous ne voyons pas fort distinctement ces sortes de corps. Si la rétine devient calleuse, les objets paroîtront confus; ce sera la même chose si les humeurs de l'œil s'épaississent & deviennent moins transparentes. On deviendra même entierement aveugle, si le nerf optique est comprimé, paralysé, ou rompu entre le *sensorium commune* & l'œil; cela arrivera aussi si les humeurs de l'œil absorbent la lumiere que les objets renvoient, ou si le crystallin perd sa transparence, comme on l'observe dans la cataracte. Une trop grande chaleur peut dessécher les fibres de la rétine & les rendre calleuses. Les oiseleurs aveuglent les oiseaux dont ils font usage pour attirer les autres, en approchant de leurs yeux un fer rouge. Souvent les ennemis aveuglent leurs prisonniers par un sem-

blable artifice; ils réuſſiſſent auſſi par le moyen du ſoleil.

55. Le point d'un objet paroîtra double, ſi les rayons qui en partent ne concourent pas au même point de la rétine : ſoit *a* un petit trou fait à une carte *b c* (*fig.* 46), ſoit pareillement une autre carte *f m*, dans laquelle on ait fait deux trous *n* & *d*, de maniere que ces deux trous n'excedent pas la grandeur de la pupille. Si on s'éloigne à la diſtance d'environ 20 pouces d'une chandelle, placée derriere la carte *b c*, par le trou *a* de laquelle la lumiere puiſſe paſſer, & qu'on place la carte *f m* auprès de l'œil, enſorte que la lumiere qui aura paſſé par le trou de la premiere carte, puiſſe auſſi paſſer par les trous *n* & *d* de la ſeconde, les rayons de lumiere venant à concourir ſur le même point *T* de la rétine; on ne verra qu'un ſeul trou en *a*; mais ſi on laiſſe la chandelle & la premiere carte dans la même poſition, tandis qu'on approchera l'œil, ainſi que la carte *f m* de la carte *b c*, les rayons de lumiere qui viennent du trou *a*, & qui paſſent à travers

les trous *d* & *n*, ne pouvant ſe réunir qu'au-delà de la rétine; l'image de ces deux trous viendra ſe peindre ſur la rétine *i h* (*fig.* 47), & l'on verra deux fois le trou; ſavoir, en *c* & en *b*; mais ſi on ferme le trou inférieur *n*, le trou ſupérieur *b* diſparoîtra; parce que ce trou eſt vu par le rayon qui paſſe par le trou *n*. Si laiſſant la chandelle & la premiere carte dans la même ſituation, on éloigne l'œil & la carte *f m*, à une plus grande diſtance que dans le premier cas; on remarquera alors que les rayons de lumiere tranſmis par le trou *a*, & enſuite par les trous *n* & *d*, ſe réuniront au point *T* (*fig.* 47. *P*), avant d'être parvenus juſqu'à la rétine; & ces rayons ſe développant en *h i*, feront que l'œil verra deux fois le trou *a* en *b* & en *c*. Si on ferme alors le trou ſupérieur *d*, le trou *c* diſparoîtra; mais ſi on ferme le trou inférieur *n*, le trou *b* ceſſera d'être viſible.

Selon que la ſtructure des yeux eſt différente, & que les l'objets ſont plus ou moins grands, leur diſtance à l'œil doit être différente pour que la viſion ſoit diſtincte.

56. *L'angle optique* n'eſt autre choſe que l'angle que forment les rayons viſuels qui partent des extrêmités de l'objet, & qui ſe réuniſſent au centre du cryſtallin ; c'eſt par le moyen de cet angle que nous meſurons la grandeur apparente des objets éloignés. Ceux que nous voyons ſous des angles égaux, nous paroiſſent égaux, & deſſinent des images égales ſur la rétine ; ceux au contraire que nous voyons ſous un plus grand angle, paroiſſent plus grands que ceux que nous voyons ſous un plus petit angle. Mais il faut bien diſtinguer la grandeur apparente d'un objet de celle que nous lui attribuons en le voyant : car cette derniere dépend auſſi du jugement que nous en portons. Nous ſommes dans l'habitude de conſidérer & de voir des objets qui ſont autour de nous, & nous jugeons aſſez bien de leur grandeur : ainſi nous eſtimons aſſez juſte la grandeur d'un homme, & nous la jugeons la même, quoique cet homme ſoit à une diſtance double, triple, quadruple ; cependant les dimenſions de ſon image peinte ſur

la rétine, sont deux, trois, quatre fois plus petites qu'auparavant. Mais lorsque les distances sont un peu plus grandes que celles sous lesquelles nous sommes dans l'usage de considérer les objets qui nous environnent, leurs dimensions apparentes décroissent en raison des distances. Si un grand objet est trop proche de nous, nous ne pouvons le voir d'un seul coup d'œil, parce que les rayons qui forment l'angle optique, tombent sur l'iris, & ne peuvent pas passer par la pupille; mais si les objets sont fort éloignés, & que les angles optiques soient fort petits, leurs dimensions apparentes seront d'autant plus considérables, que leur distance à l'œil sera plus petite; parce que dans ce cas, l'angle optique sera d'autant plus grand (du moins sensiblement) que l'objet sera plus proche (1). Les petites parties d'un objet très-éloigné, ne peuvent être vues d'une

(1) Si l'on en croit un Auteur célebre, l'angle optique le plus petit, sous lequel on peut appercevoir un objet, est d'environ une minute. Cet angle donne pour la plus grande distance, à laquelle on puisse apper-

maniere distincte ; parce que la petitesse de l'image de cet objet, fait que plusieurs de ses points envoient des rayons qui concourent sur la même fibrille nerveuse de la rétine ; ensorte que pour voir ces points distinctement, il faudroit que cette fibrille fût en même temps diversement ébranlée, ce qui ne peut être. Si les images de plusieurs objets se dessinent en même temps dans l'œil, on ne verra que ceux qui ont de grandes dimensions, ou qui seront bien éclairés. C'est pour cette raison que nous ne pouvons distiguer les étoiles en plein jour ; parce que leur lumiere est beaucoup plus foible que

cevoir cet objet, environ 3436 fois son diametre. En général, un objet d'une largeur & d'une longueur d'un pied, cessera d'être visible à la distance de 3436 pieds; un homme de cinq pieds ne sera plus visible à la distance de 17180 pieds. Cela doit s'entendre pendant le jour, en supposant que les objets sont éclairés à l'ordinaire ; car un objet fortement éclairé pendant la nuit, peut être visible de plus loin ; & du fond d'un puits on apperçoit les étoiles pendant le jour, parce que l'image de l'objet n'est pas alors troublée, & comme détruite par les images des autres objets voisins.

celle du ſoleil, même pendant un temps nébuleux. Il y a des gens qui ont la vue très-perçante. Ciceron fait mention d'une perſonne qui voyoit ce qui ſe paſſoit à la diſtance de mille & quatre-vingts ſtades (1).

Si l'image d'un objet peinte ſur la rétine vient à ſe mouvoir, le ſpectateur étant immobile, il jugera que l'objet eſt en mouvement ; ce ſera la même choſe, ſi cette image change de grandeur ; car ſi l'objet s'éloigne, l'image deviendra plus petite ; elle augmentera au contraire ſi l'objet s'approche de l'œil. Si l'on fait mouvoir tranſverſalement ſon œil, l'image d'un objet immobile occupera ſucceſſivement différens endroits de la rétine ; mais le ſpectateur qui ſait qu'il eſt immobile, ne jugera pas pour cela que cet objet change de place. Si le ſpectateur ſe croit immobile ſans l'être réellement, & que l'image d'un objet immobile vienne à changer de place ſur ſa rétine, il jugera que cet objet eſt en mouve-

(1) Une *ſtade* eſt de 125 pas ou de 625 pieds ; ainſi, 1080 ſtades valent 675000 pieds.

ment. C'eſt ainſi que lorſque nous ſommes couchés tranquillement dans un vaiſſeau, nous jugeons que la terre s'éloigne de nous avec la même vîteſſe qui emporte le vaiſſeau dans lequel nous nous ſuppoſons en repos; parce que nous ne changeons pas de diſtance par rapport aux différentes parties du navire. La même choſe arrive lorſque nous conſidérons le ſoleil & les étoiles fixes; car la terre en ſe mouvant ſur ſon axe, nous emporte avec elle; mais nous attribuons ce mouvement au ſoleil & aux étoiles fixes, qui paroiſſent ſe lever du côté de l'orient, parvenir à notre méridien, pour diſparoître enſuite du côté de l'occident; enſorte que ces aſtres ſemblent tourner en vingt-quatre heures autour de la terre, tandis que c'eſt nous qui tournons dans le même intervalle.

Si notre œil & l'objet ſe meuvent avec la même vîteſſe & du même côté, dans le même chemin ou dans des chemins paralleles, & que nous nous croyions immobiles, l'objet dont l'image reſte toujours de la même grandeur, & deſſiné ſur la même par-

tie de la rétine, nous paroîtra immobile. Si la vîteſſe & la direction de l'objet ſont telles que ſon image, non ſeulement reſte de la même grandeur, mais encore qu'elle occupe toujours la même partie de la rétine, cet objet nous paroîtra immobile. Un objet opaque dont le mouvement eſt très-rapide, ne ſera point ſenſible à la vue ; ainſi nous ne pouvons appercevoir un boulet de canon, que lorſqu'il a perdu une grande partie de ſa vîteſſe (1) ; ſi l'objet étoit lumineux, on pourroit aiſément ſuivre ſa trace : c'eſt ce qu'on peut remarquer aiſément quand on obſerve certains méteores qui parcourent de très-grands eſpaces en fort peu de temps. Si un objet ſe

(1) Un ancien Officier nous a aſſuré que quand le boulet eſt dirigé vers l'œil, on l'apperçoit alors en l'air comme une eſpece de tache ronde, & qu'il eſt même facile de l'éviter en faiſant quelque mouvement du côté de la droite, ou du côté de la gauche.

Dans ce cas, cela dépend de ce que ſon image reſte peinte ſur les mêmes parties de l'œil pendant un certain temps, ce qui n'arrive pas lorſque le mouvement a une autre direction.

meut fort lentement, comme, par exemple, l'aiguille des heures d'une montre, on ne peut obſerver ſon mouvement, & il paroît en repos. Il paroîtra auſſi immobile, quelle que ſoit ſa vîteſſe, s'il parcourt dans une ſeconde un eſpace qui ſoit à la diſtance du ſpectateur, comme 1 eſt à 1400, ou dans un moindre rapport; ainſi un corps éloigné de 1400 toiſes du ſpectateur, lui paroîtra immobile, s'il ne parcourt qu'une toiſe, ou s'il parcourt moins d'une toiſe par ſeconde.

57. L'œil juge de la diſtance d'un objet *a*, par exemple (*fig.* 48), par l'angle *N a n*, que forment les axes optiques *a D*, *a C* inclinés l'un à l'autre; ſi cet angle eſt grand, l'objet paroît plus près que lorſque cet angle eſt petit. Cependant, ſuivant l'obſervation de Dechales, (Opti. lib. 2, pro. 32,) nous ne pouvons rien déterminer, par rapport à la grandeur de cet angle, ſi la diſtance de l'objet à l'œil eſt de plus de 120 pieds. Il n'eſt pas douteux, dit M. de Buffon, que dans une file de 20 ſoldats, le premier dont je ſup-

poſe qu'on ſoit fort près, ne nous parût beaucoup plus grand que le dernier, ſi nous en jugions ſeulement par les yeux; & ſi par le toucher nous n'avions pas pris l'habitude de juger également grand le même objet, ou des objets ſemblables à différentes diſtances; nous ſavons que le dernier ſoldat eſt un ſoldat comme le premier; dès-lors nous le jugeons de la même grandeur, comme nous jugerions que le premier ſeroit toujours de la même grandeur, quand il paſſeroit de la tête à la queue de la file; & comme nous avons l'habitude de juger le même objet toujours également grand à toutes les diſtances ordinaires auxquelles nous pouvons en reconnoître aiſément la forme, nous ne nous trompons jamais ſur cette grandeur, que quand la diſtance devient trop grande, ou bien lorſque l'intervalle de cette diſtance n'eſt pas dans la direction ordinaire; car une diſtance ceſſe d'être ordinaire pour nous toutes les fois qu'elle devient trop grande, ou bien qu'au lieu de la meſurer horizontalement, nous la meſurons du haut en bas, ou du bas en haut. Les

premieres idées de la comparaison de grandeur entre les objets nous sont venues en mesurant, soit avec la main, soit avec le corps en marchant, la distance de ces objets relativement à nous & entr'eux; toutes ces expériences, par lesquelles nous avons rectifié les idées de grandeur que nous en donnoit le sens de la vue, ayant été faites horizontalement, nous n'avons pu acquérir la même habitude de juger de la grandeur des objets élevés ou abaissés au dessous de nous; parce que ce n'est pas dans cette direction que nous les avons mesurés par le toucher; & c'est par cette raison, & faute d'habitude à juger des distances dans cette direction, que lorsque nous nous trouvons au dessus d'une tour élevée, nous jugeons les hommes & les animaux qui sont au dessous beaucoup plus petits que nous ne les jugerions en effet à une distance égale qui seroit horizontale, c'est-à-dire, dans la direction ordinaire. Il en est de même d'un coq ou d'une boulle qu'on voit au dessus d'un clocher: ces objets nous paroissent être beaucoup plus petits que nous ne les

jugerions être en effet, ſi nous les voyions dans la direction ordinaire & à la même diſtance horizontalement, à laquelle nous les voyons verticalement.

Tout le monde ſait qu'en voyageant pendant la nuit, on prend ſouvent un buiſſon dont on eſt près, pour un grand arbre dont on eſt loin, & réciproquement on prend un grand arbre éloigné pour un buiſſon qui eſt voiſin ; de même, dit le Naturaliſte François, ſi on ne connoît pas les objets par leur forme, & qu'on ne puiſſe avoir par ce moyen aucune idée de diſtance, on ſe trompera encore néceſſairement ; une mouche qui paſſera avec rapidité à quelque pouce de diſtance de nos yeux, nous paroîtra dans ce cas être un oiſeau, qui en ſeroit à une très-grande diſtance; un cheval qui ſeroit ſans mouvement dans le milieu d'une campagne, & qui ſeroit dans une attitude ſemblable, par exemple, à celle d'un mouton, ne nous paroîtra pas plus gros qu'un mouton, tant que nous ne reconnoîtrons pas que c'eſt un cheval; mais dès que nous l'aurons reconnu, il nous paroîtra

dans l'inſtant gros comme un cheval, & nous rectifierons ſur le champ notre premier jugement.

Toutes les fois qu'on ſe trouvera donc dans les lieux inconnus où l'on ne pourra juger de la diſtance, & où l'on ne pourra reconnoître la forme des choſes, à cauſe de l'obſcurité, on ſera en danger de tomber à tout inſtant dans l'erreur au ſujet des jugemens que l'on fera ſur les objets qui ſe préſenteront; c'eſt delà que vient la frayeur & l'eſpece de crainte intérieure que l'obſcurité de la nuit fait ſentir à preſque tous les hommes; c'eſt ſur cela qu'eſt fondée l'apparence des ſpectres & des figures giganteſques & épouvantables que tant de gens diſent avoir vues: on leur répond communément que ces figures étoient dans leur imagination; cependant elles pouvoient être réellement dans leurs yeux, & il eſt poſſible qu'ils aient en effet vu ce qu'ils diſent avoir vu; car il doit arriver néceſſairement, toutes les fois qu'on ne pourra juger d'un objet que par l'angle qu'il forme dans l'œil, que cet objet inconnu groſſira & grandira à meſure qu'il en ſera plus voi-

ſin, & que s'il a paru d'abord au ſpectateur qui ne peut reconnoître ce qu'il voit, ni juger à quelle diſtance il le voit, que s'il a paru, dis-je, d'abord de la hauteur de quelques pieds, lorſqu'il étoit à la diſtance de 20 ou 30 pas, il doit paroître haut de pluſieurs toiſes, lorſqu'il n'en ſera plus éloigné que de quelques pieds; ce qui doit en effet l'étonner & l'effrayer, juſqu'à ce qu'enfin il vienne à toucher l'objet, ou à le reconnoître; car dans l'inſtant même qu'il reconnoîtra ce que c'eſt que cet objet qui lui paroiſſoit giganteſque, il diminuera tout-à coup, & ne lui paroîtra plus avoir que ſa grandeur réelle; mais ſi l'on fuit, ou qu'on n'oſe approcher, il eſt certain qu'on n'aura d'autre idée de cet objet que celle de l'image qu'il formoit dans l'œil, & qu'on aura réellement vu une figure giganteſque ou épouvantable par la grandeur & par la forme. Le préjugé des ſpectres eſt donc fondé dans la nature; & ces apparences ne dépendent pas, comme le croient les Philoſophes, uniquement de l'imagination.

Lorſque nous ne pouvons pren-

dre une idée de la diſtance par la comparaiſon de l'intervalle intermédiaire qui eſt entre nous & les objets, ajoute cet Auteur célebre, nous tâchons de reconnoître la forme de ces objets, pour juger de leur grandeur; mais lorſque nous connoiſſons cette forme, & qu'en même temps nous voyons pluſieurs objets ſemblables, & de cette même forme, nous jugeons que ceux qui ſont les plus éclairés, ſont les plus voiſins, & que ceux qui nous paroiſſent les plus obſcurs, ſont les plus éloignés; & ce jugement produit quelquefois des erreurs & des apparences ſingulieres. Dans une file d'objets diſpoſés ſur une ligne droite, comme le ſont, par exemple, les lanternes ſur le chemin de Verſailles en arrivant à Paris, de la proximité ou de l'éloignement deſquelles nous ne pouvons juger que par le plus ou le moins de lumiere qu'elles envoient à notre œil, il arrive ſouvent que l'on voit toutes ces lanternes à droite, au lieu de les voir à gauche où elles ſont réellement, lorſqu'on les regarde de loin, comme d'un demiquart de lieue. Ce changement de

ſituation de gauche à droite, eſt une apparence trompeuſe, & qui eſt produite par la cauſe que nous venons d'indiquer; car comme le ſpectateur n'a aucune autre indice de la diſtance où il eſt de ces lanternes, que la quantité de lumiere qu'elles lui envoient, il juge que la plus brillante de ces lumieres eſt la premiere, & celle de laquelle il eſt le plus voiſin : or s'il arrive que les premieres lanternes ſoient plus obſcures; ou ſeulement ſi dans la file de ces lumieres il s'en trouve une ſeule qui ſoit plus brillante & plus vive que les autres, cette lumiere plus vive paroîtra au ſpectateur comme ſi elle étoit la premiere de la file; & il jugera dès-lors que les autres, qui cependant la précedent réellement, la ſuivent au contraire. Or cette tranſpoſition apparente ne peut ſe faire, ou plutôt ſe marquer, que par ce changement de leur ſituation de gauche à droite; car juger devant ce qui eſt derriere dans une longue file, c'eſt voir à droite ce qui eſt à gauche, ou à gauche ce qui eſt à droite.

Quand on ne fait uſage que d'un ſeul œil, on ne peut nullement ju-

ger de la diſtance des objets ; parce qu'alors l'angle *D á C* ne ſe forme pas. Néanmoins ceux qui n'ont l'uſage que d'un ſeul œil, apprennent à la longue à juger des diſtances ; parce que peu à peu ils s'accoutument à faire attention au mouvement des parties intérieures de l'œil ; & l'on ſait que les diſtances du cryſtallin à la rétine ſont plus grandes lorſque les objets ſont plus proches : nous jugeons encore que les objets qui paroiſſet grands, ſont plus près de nous que quand ils nous paroiſſent petits. On juge encore de la diſtance des objets par la vivacité de la lumiere, & par celle de leur image ; c'eſt pour cela que nous jugeons plus proches de nous qu'elles ne le ſont réellement, les montagnes couvertes de neige. Nous portons un jugement ſemblable des objets blancs & des flambeaux que nous voyons à une certaine diſtance pendant la nuit ; ce qui vient de ce que l'air qui les environne, forme une eſpece d'athmoſphere éclairée, qui n'eſt pas ſenſible à une petite diſtance. Peut-on dire que nous voyons les étoiles brillantes plus grandes, parce que nous confondons

les astres avec les athmosphères lumineuses qui les environnent ; que les rayons qui viennent de ces athmosphères étant affoiblis par les verres des lunettes, ne peuvent pas faire une impression suffisante sur la rétine ; & que d'ailleurs la pupille qui se contracte lorsque nous regardons à travers ces instrumens, ne permet pas que l'image qui se peint au fond de l'œil, soit aussi grande ; de maniere que dans ce cas les étoiles doivent paroître plus petites, comme l'expérience ne permet pas d'en douter? N'est-ce pas en contractant fortement la rétine que certains aigles peuvent regarder fixement le soleil, tandis que l'homme qui n'a pas la facilité de rétrécir si fort la prunelle, n'a pas le même avantage. Les oiseaux de nuit, dans lesquels la pupille est très-ample, ne peuvent regarder cet astre.

Nous jugeons encore de la distance des objets, en les considérant de différens endroits, ou bien par les corps intermédiaires, leurs intervalles & leurs grandeurs apparentes. Les nues, les planetes, les étoiles nous paroissent à la même distance, parce que

nous

nous ne voyons aucun corps intermédiaire entre ces objets, & que nous ne pouvons point juger de l'intervalle qui les ſépare. La lune paroît plus grande à l'horizon, que quand elle eſt vers le méridien; parce que les montagnes & les objets ſitués entre la lune & nous, nous font juger ſa diſtance, & par conſéquent ſa grandeur apparente plus grandes que quand elle eſt au méridien; on obſerve en effet en regardant cet aſtre par le moyen d'un tube qui empêche de voir les objets intermédiaires, on obſerve, dis-je, que ſa grandeur apparente eſt alors la même que dans le méridien: on ſait auſſi que les arbres qui forment les allées paralleles d'une promenade, nous paroiſſent ſe rapprocher d'un côté, lorſque nous ſommes placés vers l'autre extrêmité, parce que l'angle optique formé par les rayons qui partent des arbres éloignés, eſt plus petit; c'eſt par la même raiſon que la voûte d'un cloître paroît plus baſſe & plus rapprochée du parquet à un ſpectateur qui ſe trouve à l'autre extrêmité du cloître. On explique par le même principe, pour-

quoi la voûte du ciel nous paroît surbaissée, & plus éloignée de nous à l'horizon qu'au méridien; ce qui peu-têtre contribue à nous faire juger que la lune placée au méridien, est plus petite que quand elle est à l'horizon. Un petit objet regardé à travers un petit trou fait à un papier noirci, paroît d'autant plus grand qu'il est plus près de nous; parce que le papier empêchant que nous ne voyions les corps environnans, nous jugeons de la grandeur de l'objet par les dimensions de son image peinte sur la rétine; de plus, comme la disposition & la constitution de l'œil varient d'un jour à l'autre, la grandeur & la distance d'un même objet ne paroîtront pas toujours les mêmes, quoiqu'elles n'aient pas varié: c'est pour cette raison que ceux qui jouent de masse au billard, ou qui jouent au mail, jouent souvent mieux un jour qu'un autre, parce qu'il peut arriver quelques changemens dans les humeurs de l'œil d'un jour à l'autre.

58. M. de Buffon pense que plus on a la vue courte, plus les objets paroissent être petits, & par conséquent lorsque la portée des deux yeux

du même homme eſt fort inégale, il doit voir les objets plus grands avec le bon qu'avec le mauvais œil. Je crois, dit ce Phyſicien, que comme les gens qui ont la vue courte ſont obligés de regarder de très-près, & qu'ils ne peuvent voir diſtinctement qu'un petit eſpace ou un petit objet à la fois, ils ſe font une unité de grandeur plus petite que les autres hommes, dont les yeux peuvent embraſſer diſtinctement un plus grand eſpace à la fois, & que par conſéquent ils jugent relativement à cette unité, tous les objets plus petits que les autres hommes ne les jugent. On explique la cauſe de la vue courte d'une maniere aſſez ſatisfaiſante, par le trop grand renflement des humeurs réfringentes de l'œil; mais cette cauſe n'eſt pas unique, & l'on a vu des perſonnes devenir tout d'un coup myopes par accident, comme le jeune homme dont parle M. Smith, dans ſon Optique, tome II, page 10 des notes, qui devint myope tout-à-coup en ſortant d'un bain froid, dans lequel cependant il ne s'étoit pas entierement plongé, & depuis ce temps-là

il fut obligé de se servir d'un verre concave. On ne dira pas que le crystallin & l'humeur vitrée aient pu tout d'un coup se renfler assez pour produire cette différence dans la vision ; & quand même on voudroit le supposer, comment concevra-t-on que ce renflement considérable & qui a été produit en un instant, ait pu se conserver toujours au même point? En effet la vue courte peut provenir aussi-bien de la position respective des parties de l'œil & sur-tout de la rétine, que de la forme des humeurs réfringentes ; elle peut provenir d'un degré moindre de sensibilité dans la rétine, d'une ouverture moindre dans la pupille, &c. Mais il est vrai que pour ces deux dernieres especes de vues courtes, les verres concaves seront inutiles, & même nuisibles. Ceux qui sont dans les deux premiers cas, peuvent s'en servir utilement ; mais jamais il ne pourront voir avec le verre concave qui leur convient le mieux, les objets aussi distinctement ni d'aussi loin que les autres hommes les voient avec les yeux seuls, parce que, comme nous venons

de le dire, tous les gens qui ont la vue courte, voient les objets plus petits que les autres; & lorſqu'ils font uſage du verre concave, l'image de l'objet diminue encore; ils ceſſeront de voir dès que cette image deviendra trop petite pour faire une trace ſenſible ſur la rétine; par conſéquent ils ne verront jamais d'auſſi loin avec ce verre que les autres hommes voient avec les yeux ſeuls.

Les enfans, ajoute ce même Savant, ayant les yeux plus petits que les perſonnes adultes, doivent auſſi voir les objets plus petits, parce que le plus grand angle que puiſſe faire un objet dans l'œil, eſt proportionné à la grandeur du fond de l'œil; & ſi l'on ſuppoſe que le tableau entier des objets qui ſe peignent ſur la rétine, eſt d'un demi-pouce pour les adultes, il ne ſera que d'un tiers ou d'un quart de pouce pour les enfans; par conſéquent ils ne verront pas non plus d'auſſi loin que les adultes; puiſque ces objets leur paroiſſent plus petits, ils doivent néceſſairement diſparoître plutôt; mais comme la pupille des enfans eſt ordinairement plus large à

proportion du reste de l'œil, que la pupille des personnes adultes, cela peut compenser en partie l'effet que produit la petitesse de leurs yeux, & leur faire appercevoir les objets d'un peu plus loin; cependant il s'en faut bien que la compensation soit complette; car on voit par expérience que les enfans ne lisent pas de si loin, & ne peuvent pas appercevoir les objets éloignés d'aussi loin que les personnes adultes. La cornée étant très-flexible à cet âge, prend très-aisément la convexité nécessaire pour voir de plus près ou de plus loin, & ne peut par conséquent être la cause de leur vue plus courte; & il paroît qu'elle dépend uniquement de ce que leurs yeux sont plus petits.

Il est difficile d'accorder ce raisonnement avec la vue perçante des oiseaux de proie, qui, quoiqu'élevés à perte de vue, apperçoivent facilement sur la terre de forts petits animaux, tels que les lapins, les lièvres, les mulots, &c. Le Journal politique du 5 Mai 1776, parle d'une femme Suédoise morte à l'âge de 101 ans, dont la vue s'étoit éclaircie

à l'âge de 90 ans, de maniere qu'elle lisoit l'écriture la plus déliée sans le secours des lunettes; tandis que depuis sa 60e année, elle avoit été obligée d'en faire usage.

On voit sortir des étincelles de l'œil lorsqu'on le frotte, ou qu'on le presse dans les ténebres, ou qu'on se donne un violent coup de tête contre un mur. Cela ne viendroit-il pas de ce qu'alors le nerf optique est ébranlé comme s'il y avoit réellement du feu devant les yeux? Une meche allumée qu'on tourne en rond, paroît former un cercle de feu, parce que le trémoussement des fibres de la rétine dure pendant un certain temps; or nous devons voir la meche au même point pendant tout l'intervalle que dure l'ébranlement de la fibre qui a reçu le mouvement de la lumiere partie de ce point; ainsi ce mouvement persévérant jusqu'à ce que la meche revienne au même point de son cercle, l'on verra en même temps tous les points de ce cercle, comme s'ils étoient en feu. Si quelqu'un tourne rapidement sur lui-même, ensorte qu'il n'emploie qu'une seconde pour

faire une révolution, tous les objets environnans lui paroîtront ſe mouvoir en ſens contraire ; & ce mouvement apparent ſubſiſtera encore pendant quelque temps lorſqu'il ceſſera de ſe mouvoir ; parce que le frémiſſement produit dans les fibrilles de la rétine ſubſiſte encore quelque temps, ce qui donne une certaine durée au mouvement apparent des objets. Si quelqu'un regarde fixement le ſoleil, & qu'il ferme enſuite les yeux, il verra néanmoins encore l'image de cet aſtre ſous la forme d'une tache de couleur rouge ; cette couleur changera enſuite en jaune, bientôt en verd, & enfin en bleu, & bientôt il ne verra plus rien. Cette obſervation prouve que les rayons rouges agiſſent avec le plus de violence ſur la rétine ; que les jaunes ont moins de force, & que les rayons bleus ſont encore plus foibles.

Les poiſſons n'ont point d'humeur aqueuſe, & leur cryſtallin eſt ſphérique. La raiſon en eſt que l'humeur aqueuſe ſeroit inutile dans ces animaux ; car les rayons devroient paſſer de l'eau où ils nagent dans l'humeur

aqueuſe de leur œil, ce qui ſe feroit ſans réfraction. C'eſt pourquoi, afin que la réfraction des rayons qui ſe fait en trois fois dans l'homme, ſe fît en deux fois dans les yeux des poiſſons, il falloit que leur cryſtallin fût plus convexe que le nôtre; car nous ne pouvons voir les objets que confuſément ſous l'eau, ainſi que le ſavent les plongeurs.

59 Lorſque nous regardons l'objet *a* avec l'œil droit *C* (*fig.* 49), nous le rapportons au point *p*; mais ſi nous le regardons avec l'œil gauche *D*, nous le rapportons au point *x*. Si nous le conſidérons des deux yeux à la fois, nous le verrons dans un point *b* intermédiaire entre *p* & *x*. Cela ne viendroit-il pas de ce que nous rapportons les objets à l'extrêmité de la ligne, ſelon laquelle les rayons qui les deſſinent dans nos yeux parviennent à l'organe, & de ce que l'ame corrige le jugement qui nous porte à croire que l'objet eſt en *p* & en *x*, en prenant pour cela un point *b* auquel aboutiroient les droites tirées de la rétine en paſſant par le milieu du cryſtallin? Les enfans nouveaux

nés ne peuvent, dit-on, distinguer les objets pendant les 4 ou 5 premieres semaines après leur naissance. Cela vient, selon plusieurs, de ce que leur cornée est trop lâche & trop épaisse & qu'elle touche presque l'iris. Mais ne peut-on pas dire qu'il faut un certain temps à l'homme pour apprendre à voir, ainsi que le prouve l'observation de Cheselden (1).

---

(1) M. Cheselden, fameux Chirurgien de Londres, dit M. de Buffon, ayant fait l'opération de la cataracte à un jeune homme de 13 ans, aveugle de naissance, & ayant réussi à lui donner le sens de la vue, observa la maniere dont ce jeune homme commençoit à voir, & publia ensuite dans les Transactions Philosophiques, n° 402, & dans le 55me article du *Tatler*, les remarques qu'il avoit faites à ce sujet. Ce jeune homme, quoiqu'aveugle, ne l'étoit pas absolument & entierement; comme la cécité provenoit d'une cataracte, il étoit dans le cas de tous les aveugles qui peuvent toujours distinguer le jour de la nuit; il distinguoit même à une forte lumiere le noir, le blanc, & le rouge vif qu'on appelle *écarlate*; mais il ne voyoit ni n'entrevoyoit en aucune façon la forme des choses; on ne lui fit l'opération d'abord que sur l'un des yeux. Lorsqu'il vit pour la premiere fois, il étoit si éloigné de pouvoir juger en aucune façon des distan-

Si pendant la nuit nous plaçons à une certaine distance entre notre œil & la lumiere d'une chandelle une aiguille à coudre, elle nous paroîtra

---

ces, qu'il croyoit que tous les objets indifféremment touchoient ses yeux (ce fut l'expression dont il se servit), comme les choses qu'il palpoit, touchoient sa peau. Les objets qui lui étoient les plus agréables, étoient ceux dont la forme étoit unie & la figure réguliere, quoiqu'il ne pût encore former aucun jugement sur leur forme, ni dire pourquoi ils lui paroissent plus agréables que les autres : il n'avoit eu pendant le temps de son aveuglement, que des idées si foibles des couleurs, qu'il pouvoit alors distinguer à une forte lumiere, qu'elles n'avoient pas laissé des traces suffisantes pour qu'il pût les reconnoître, lorsqu'il les vit en effet ; il disoit que ces couleurs qu'il voyoit, n'étoient pas les mêmes que celles qu'il avoit vues autrefois ; il ne connoissoit la forme d'aucun objet, & il ne distinguoit aucune chose d'une autre, quelque différentes qu'elles pussent être de figure ou de grandeur : lorsqu'on lui montroit les choses qu'il connoissoit auparavant par le toucher, il les regardoit avec attention & les observoit avec soin pour les reconnoître une autre fois : mais comme il avoit trop d'objets à retenir à la fois, il en oublioit la plus grande partie ; & dans le commencement qu'il apprenoit (comme il disoit) à voir & à connoître les

transſparente & rougie par le feu. Ce phénomene paroît dépendre de l'inflexion que la lumiere ſouffre en paſſant le long des côtés de cette ai-

---

objets, il oublioit mille choſes pour une qu'il retenoit; il étoit fort ſurpris que les choſes qu'il avoit le mieux aimées, n'étoient pas celles qui étoient plus agréables à ſes yeux, & il s'attendoit à trouver les plus belles, les perſonnes qu'il aimoit le mieux. Il ſe paſſa plus de deux mois avant qu'il pût reconnoître que les tableaux repréſentoient des corps ſolides; juſqu'alors il ne les avoit conſidérés que comme des plans différemment colorés, & des ſurfaces diverſifiées par la variété des couleurs; mais lorſqu'il commença à reconnoître que ces tableaux repréſentoient des corps ſolides, il s'attendoit à trouver en effet des corps ſolides en touchant la toile du tableau; & il fut extrêmement étonné, lorſqu'en touchant les parties, qui par la lumiere & les ombres lui paroiſſoient rondes & inégales, il les trouva plates & unies comme le reſte; il demandoit quel étoit donc le ſens qui le trompoit, ſi c'étoit la vue ou ſi c'étoit le toucher. On lui montra alors un petit portrait de ſon pere, qui étoit dans la boîte de la montre de ſa mere; il dit qu'il connoiſſoit bien que c'étoit la reſſemblance de ſon pere; mais il demandoit avec un grand étonnement comment il étoit poſſible qu'un viſage auſſi large pût tenir dans un ſi petit lieu; que cela lui paroiſſoit auſſi impoſſible

guille, qui eſt telle que ſon ombre devient très-petite ou nulle; enſorte qu'elle paroît tranſmettre pluſieurs rayons de lumiere, ou qu'elle paroît tranſparente ou rougie par la lumiere.

---

que de faire tenir un boiſſeau dans une pinte. Dans les commencemens il ne pouvoit ſupporter qu'une très-petite lumiere, & il voyoit tous les objets extrêmement gros; mais à meſure qu'il voyoit des choſes plus groſſes en effet, il jugeoit les premieres plus petites; il croyoit qu'il n'y avoit rien au-delà des limites de ce qu'il voyoit; il ſavoit bien que la chambre dans laquelle il étoit, ne faiſoit qu'une partie de la maiſon, cependant il ne pouvoit concevoir comment la maiſon pouvoit paroître plus grande que ſa chambre. Avant qu'on lui eût fait l'opération, il n'eſpéroit pas un grand plaiſir du nouveau ſens qu'on lui promettoit, & il n'étoit touché que de l'avantage qu'il auroit de pouvoir apprendre à lire & à écrire; il diſoit, par exemple, qu'il ne pouvoit pas avoir plus de plaiſir à ſe promener dans le jardin, lorſqu'il auroit ce ſens, qu'il en avoit, parce qu'il s'y promenoit librement & aiſément, & qu'il en connoiſſoit tous les différens endroits; il avoit même très-bien remarqué que ſon état de cécité lui avoit donné un avantage ſur les autres hommes, avantage qu'il conſerva longtemps après avoir obtenu le ſens de la vue, qui étoit d'aller la nuit plus aiſément & plus ſûrement que ceux qui voient. Mais lorſ-

60. Les couleurs que M. de Buffon appelle *accidentelles*, & que Jurin avoit

---

qu'il eut commencé à ſe ſervir de ce nouveau ſens, il étoit tranſporté de joie; il diſoit que chaque nouvel objet étoit un délice nouveau, & que ſon plaiſir étoit ſi grand qu'il ne pouvoit l'exprimer. Un an après on le mena à Epſom, où la vue eſt très-belle & très-étendue; il parut enchanté de ce ſpectacle, & il appelloit ce payſage une nouvelle façon de voir. On lui fit la même opération ſur l'autre œil plus d'un an après la premiere, & elle réuſſit également; il vit d'abord de ce ſecond œil les objets beaucoup plus grands qu'il ne les voyoit de l'autre, mais cependant pas auſſi grands qu'il les avoit vus du premier œil; & lorſqu'il regardoit le même objet des deux yeux à la fois, il diſoit que cet objet lui paroiſſoit une fois plus grand qu'avec ſon premier œil tout ſeul; mais il ne le voyoit pas double ou du moins on ne peut pas s'aſſurer qu'il eût vu d'abord les objets doubles, lorſqu'on lui procura l'uſage de ſon ſecond œil.

Le même Cheſelden rapporte, dans ſon Anatomie, qu'un homme étant devenu louche par l'effet d'un coup à la tête, vit les objets doubles pendant fort long-temps; mais que peu à peu il vint à juger ſimples ceux qui lui étoient les plus familiers, & qu'enfin après bien du temps, il les jugea tous ſimples comme auparavant; quoique ſes yeux euſſent toujours la mauvaiſe diſpoſition que le coup avoit occaſionnée.

aussi remarquées, paroissent dépendre de la disposition actuelle de notre organe. Ayant mis un petit quarré rouge sur le milieu d'un carton blanc, si nous regardons fixement & pendant long-temps ce quarré, nous observerons autour de sa circonférence une couronne d'un bleu pâle : si nous détournons un peu la vue pour la jeter sur le carton blanc, nous verrons distinctement sur ce carton le même quarré, mais d'une couleur verte tirant sur le bleu. Si on trace sur un papier blanc un quarré d'un rouge fort vif & qu'on le regarde attentivement, on observera autour de sa circonférence une couronne verte ; la couleur qui est au milieu du quarré paroîtra bientôt changée : on verra les côtés d'un rouge plus foncé ; ces côtés se diviseront ensuite en deux : on verra une croix d'un rouge très-foncé, & le quarré paroîtra semblable à une fenêtre dont la croisée seroit garnie de quatre panneaux blancs. On observera après cela un rectangle d'un rouge très-foncé qui aura même hauteur, mais moins de largeur que le quarré ; mais alors l'œil

étant extrêmement fatigué, on ne pourra plus considérer ce quarré.

La lumiere renvoyée par un objet, peint son image sur la partie membraneuse de la rétine. Cette partie ébranle la partie veloutée dont les fibrilles continuent à être agitées par l'impression continuelle de la lumiere: le mouvement se communique lentement de proche en proche aux fibrilles latérales adjacentes; mais il est moindre dans ces fibrilles que dans celles qui répondent à l'image de l'objet. Delà si l'image est dessinée en rouge, les parties qui environnent étant moins fortement affectées, feront paroître du verd ou du blanc. Si l'image étoit peinte en jaune, les couleurs ambiantes qui doivent être moins sensibles, se feroient remarquer sous la couleur d'un bleu pale; & l'image d'une tache verte seroit entourée d'une couleur purpurine; de maniere que les couleurs qui environnent l'image, seront toujours moins vives & moins claires que celles sous lesquelles nous voyons cette même image.

M. Monges ayant fixé le soleil

autant qu'il lui fut poſſible, ferma les yeux, appliquant les deux mains deſſus, afin que la lumiere extérieure ne pût nuire; inſenſiblement il vit diſparoître le diſque rouge; le rouge étant diſparu, l'orangé ſuccéda; celui-ci fit place au jaune, qui bientôt s'évanouit pour ne laiſſer appercevoir que le verd, puis le bleu, l'indigo, & enfin le violet; celui-ci diſparut à ſon tour, & ce Phyſicien ne vit plus rien. Les faiſceaux de lumiere ayant frappé vivement & long-temps le nerf optique, le tendent pour ainſi dire au dernier degré, ce qui occaſionne la ſenſation du rouge. Mais à proportion que la fatigue de l'œil diminue, la tenſion diminue également, & le ton des couleurs baiſſe dans la même proportion: au rouge ſuccédera donc l'orangé; à l'orangé le jaune; puis le verd, puis le bleu, puis l'indigo & le violet. Enfin la tenſion ceſſant tout-à-fait, ce nerf tranquille, ſans ébranlement & rendu à ſon premier état, n'occaſionnera plus la ſenſation de quelque couleur déterminée. Ce qui paroît confirmer que le phéno-

mene des couleurs accidentelles ne vient que de la fatigue, que d'une trop grande tenſion occaſionnée au nerf optique; c'eſt qu'effectivement la vue du rouge eſt celle qui fatigue davantage & le plus promptement; enſuite celle de l'orangé, du jaune, &c. Cependant la ſenſation du jaune, ſuivant M. de Buffon, eſt la plus douloureuſe, & celle qui produit le plutôt les petits points noirs qu'on apperçoit quelquefois, & qui paroiſſent voltiger dans les airs. Quelque grande que ſoit l'autorité du Pline François, je crois que ſon obſervation peut n'avoir pas lieu à l'égard de tous les individus. Conſultez les femmes qui s'amuſent à faire de la tapiſſerie; elles vous diront qu'elles ne peuvent travailler long-temps une broderie ſur un fond rouge, & qu'au contraire à peine s'apperçoivent-elles de la fatigue des yeux, quand elles s'exercent ſur un fond jaune.

On trouve dans le Journal de Verdun, du mois de Mars 1775, deux anecdotes d'Hiſtoire naturelle, dont l'explication qu'on en donne

ne paroît pas vraiſemblable : les voici en peu de mots : Henri IV voulant jouer au dez avec le Duc de Guiſe, on vit paroître tout-à-coup des gouttes de ſang ſur la table : on eſſuie, elles reparoiſſent ; on eſſuie de nouveau, mais le ſang reparoît ſans qu'on ſût d'où il pouvoit venir. Ce phénomene épouvanta le Roi. Tel eſt le premier fait que dans le Journal on explique par le ſuivant. M. Bequelin liſoit une Gazette en ſe promenant dans le Parc de Berlin ; tout d'un coup il ſe trouve en face du ſoleil, tenant toutefois ſa Gazette de façon que les caracteres étoient à l'ombre ; il les vit alors teints d'un rouge vif & éclatant ; il répéta pluſieurs fois de différentes manieres cette expérience, & toujours le réſultat lui fit voir que pour qu'elle pût réuſſir complettement, il falloit que le ſoleil frappât directement les paupieres de l'Obſervateur, & que l'objet regardé fût dans l'ombre : toutes ces circonſtances, ajoute celui qui rapporte ces deux anecdotes, ſe trouverent ſans doute réunies lorſqu'Henri IV voulut jouer aux dez.

Ce Prince, plus guerrier que phyſicien, fut effrayé de ce phénomene, qui devoit ſans doute ſon origine à la liqueur rouge que rendent les chryſalides de la chenille épineuſe, en ſe métamorphoſant. Une ou deux chryſalides de cette chenille, attachées au plafond de la chambre ſe métamorphoſent en papillons, au moment qu'Henri IV vouloit jouer aux dez; elles laiſſent tomber leur liqueur rouge: on eſſuie; de nouvelles taches tombent, & ſuccedent aux premieres. L'ignorance n'en découvre pas la cauſe, & regarde ces taches rouges comme du vrai ſang. On crie au miracle, & on regarde ce phénomene comme un avertiſſement du Ciel. Il n'y a pas d'apparence qu'Henri IV, le duc de Guiſe, les courtiſans & les valets qui eſſuyoient la table, ſe ſoient trouvés placés le ſoleil dans les yeux, comme le Phyſicien de Berlin. Suppoſons encore qu'ils ſe fuſſent trouvés rangés ainſi une fois; mais que le ſoleil les incommodant, ils ne ſe ſoient point dérangés du tout; que patiemment cette ligne de gens de Cour ait attendu que des valets

essuyassent jusqu'à deux fois la table; que ces mêmes valets, après avoir rempli leur office, se soient retrouvés justement dans la position convenable; cela est bien difficile à croire. D'ailleurs la table auroit dû être à l'ombre dans une situation verticale ou perpendiculaire à l'horizon, comme la Gazette de M. Bequelin; mais on sait que les tables à jouer sont dans une situation parallele à l'horizon.

Quant au phénomene du Physicien de Berlin, on peut l'expliquer par l'observation suivante: on a remarqué qu'en fixant le soleil légerement, & refermant les yeux aussitôt, on appercevoit une tache verte bordée de rouge; que plus on fixoit cet astre brillant, plus la tache verte diminuoit, & plus le cercle rouge augmentoit; & qu'enfin, si l'on se hazardoit à le fixer au point que l'œil fatigué par son éclat, éprouvât une douleur vive, le verd alors ne paroissoit plus; le rouge & un rouge éclatant se faisoit seul appercevoir. Il n'est donc pas étonnant que M. Bequelin ayant jetté ses yeux fatigués par la lumiere du soleil, sur la Ga-

zette dont les caracteres étoient à l'ombre, les ait vus teints d'un rouge vif & éclatant.

61. Lorsqu'un petit rayon de soleil rencontre une paille, un fil, une aiguille, &c. l'ombre de ces objets est beaucoup plus grande qu'elle ne devroit être, si la lumiere passoit latéralement, & qu'elle ne fît qu'effleurer ces corps. On observe le même phénomene, si ces corps sont renfermés entre des verres plans, ou s'ils sont entourés d'eau : d'où il suit que la lumiere est détournée par une force répulsive qui lui fait changer de direction. On enduit la surface postérieure des glaces avec du mercure & de l'étain en feuilles : si la glace est fort mince ; la lumiere qui part d'un même point de l'objet est réfléchie par les deux surfaces de la glace, de maniere qu'elle se rassemble en un même point ; l'image de l'objet est alors très-vive : mais si la glace est fort épaisse, l'image réflechie par la partie postérieure ne coincide pas avec celle qui est réfléchie par l'antérieure ; ensorte que celui qui se regarde dans un tel mi-

roir, voit deux fois ſon image ; & ces deux images ſont bien moins diſtinctes que celle qu'il verroit s'il ſe regardoit dans un bon miroir de métal.

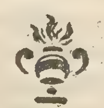
62. Un corps qui ſeroit composé de lames très-diaphanes, mais de différentes couleurs, pourroit être néanmoins très-opaque. En effet ſi l'on prend des lames de verre très-tranſparentes & colorées, de façon qu'une lame rouge couvre une lame dont la couleur ſoit orangée ; celle-ci une jaune, enſuite une verte, un bleue, une pourpre, & enfin une violette ; quoique cet aſſemblage ne forme pas l'épaiſſeur d'un demi-pouce, il ſera auſſi obſcur que le métal le plus épais. Cela vient de ce que les rayons qui peuvent traverſer une de ſes lames, par exemple, la lame rouge, ſont abſorbés par les autres lames qui s'oppoſent à leur paſſage. On ne diſtingue pas le ſoleil, lorſqu'on le regarde à travers 12 verres bleus, & toute lumiere eſt détruite lorſqu'on fait uſage de quinze verres de cette eſpece, quoiqu'ils ne forment en tout que l'épaiſſeur d'un pouce. La poudre de verre eſt très-blanche, mais en même temps très-opaque ; elle devient ce-

pendant transparente, si l'on verse dessus de l'huile de térébenthine. Le vinaigre & l'huile d'olive sont deux liquides transparens; mais leur mélange forme une espece de sausse blanche, qui est presque opaque. L'eau est naturellement transparente; mais ses vapeurs forment des nuages opaques. Le papier blanc devient transparent lorsqu'on l'imbibe d'huile d'olive. Tous les métaux réduits en petites lames minces sont transparens, ainsi que toute tranche de bois quelconque; mais lorsque la lumiere tombe sur un miroir de verre, une partie est réfléchie par la surface antérieure; celle qui est réfléchie par la surface postérieure revient vers l'antérieure, & s'échappe du moins en partie; il y en a cependant une grande quantité qui est réfléchie vers la surface postérieure, d'où elle est de nouveau réfléchie vers l'antérieure, & ainsi de suite; mais à proportion que le nombre des répercussions augmente, les images formées par la surface postérieure, diminuent de vivacité, & les dernieres images ne peuvent plus être sensibles.

L'opacité

L'opacité d'un corps consiste en ce que la quantité de lumiere qu'il transmet ne peut faire une impression sensible sur la rétine. Il y a toute apparence néanmoins qu'il n'y en a aucun parfaitement opaque, tous laissant passer plus ou moins de lumiere. 16 lames de verre, formant 9 $\frac{1}{2}$ lignes d'épaisseur, ne laissent passer qu'un $\frac{1}{240}$ de lumiere. Une tranche d'eau marine de 10 pieds, absorbe les $\frac{3}{5}$ de la lumiere qui la pénetre ; mais il paroît que l'air est environ 58230 fois plus transparent que l'eau de la mer ; de maniere que 58230 pieds d'air n'absorbent qu'environ les $\frac{3}{5}$ de la lumiere qui pénetre dans ce fluide ; mais 80 lames de verre formant une épaisseur de 45 $\frac{1}{2}$ lignes ne laissent passer aucune lumiere sensible. Si nous concevons qu'un faisceau de lumiere composé d'un certain nombre de filets, rencontre une tranche d'eau, & qu'il perde en parcourant un pied, la dixieme partie de ses rayons, il perdra, en parcourant la seconde tranche de même épaisseur, la dixieme partie de ceux qui se sont présentés à l'entrée de la seconde

tranche, & ainsi de suite. M. Bouguer prétend avoir trouvé, par des expériences; 1°. Que la lumiere du soleil est environ trois cens mille fois plus forte que celle de la lune, lorsqu'elle est pleine, & dans sa moyenne distance à la terre; 2°. Que la lumiere du soleil n'est plus sensible lorsqu'elle est diminuée 1000 000 000 000 fois; ensorte qu'un corps est véritablement opaque, lorsqu'il ne transmet que la 1000 000 000 000 me partie de la lumiere du soleil; 3°. Que de 10000 rayons qui partant d'un astre, viendroient jusqu'à notre œil s'ils ne rencontroient pas notre athmosphere, il n'en arrive qu'autant qu'il est indiqué par la Table suivante, dans laquelle o désigne que l'astre est à l'horizon.

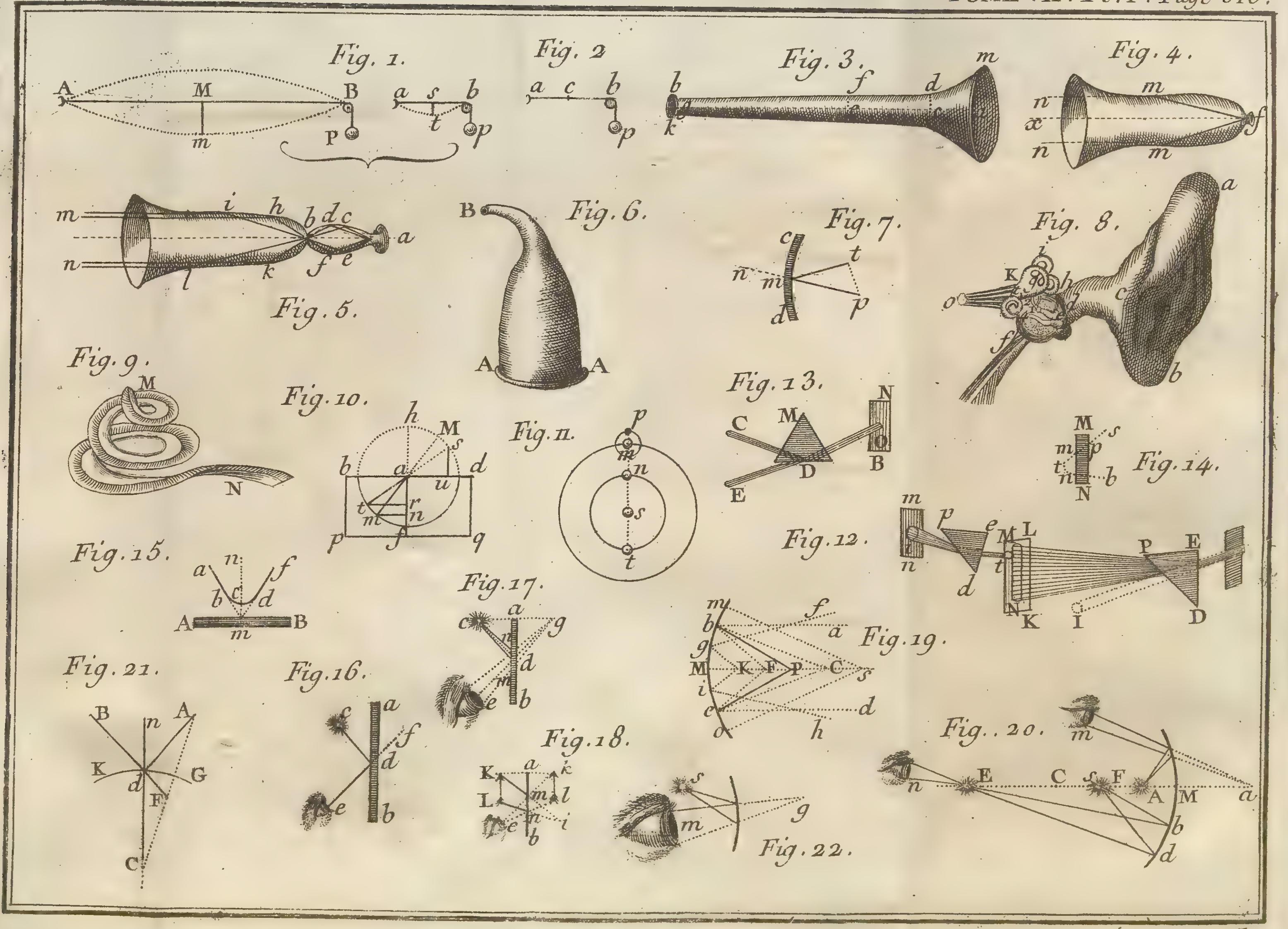


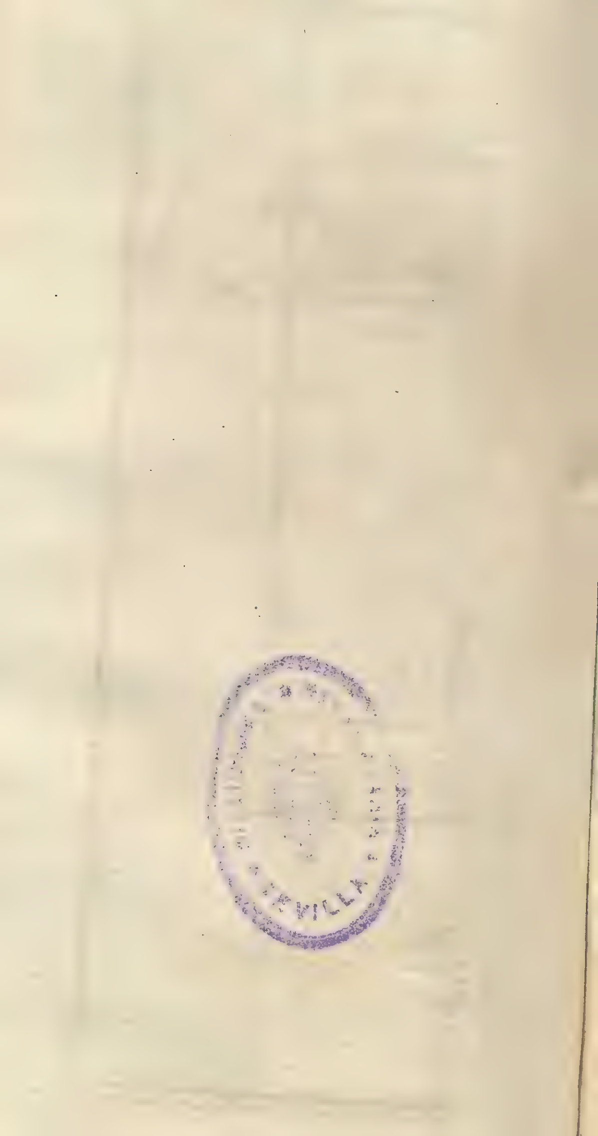
Degrés de Hauteur apparente.	*Nombre des Rayons.*	*Degrés de Hauteur apparente.*	*Nombre des Rayons.*
0	5	35	6963
1	47	40	7237
2	192	50	7624
3	454	60	7866
4	802	70	8016
5	1201	80	8098
6	1616	90	8123
7	2031		
8	2423		
9	2797		
10	3149		
11	3472		
12	3773		
15	4551		
20	5474		
25	6136		
30	6613		

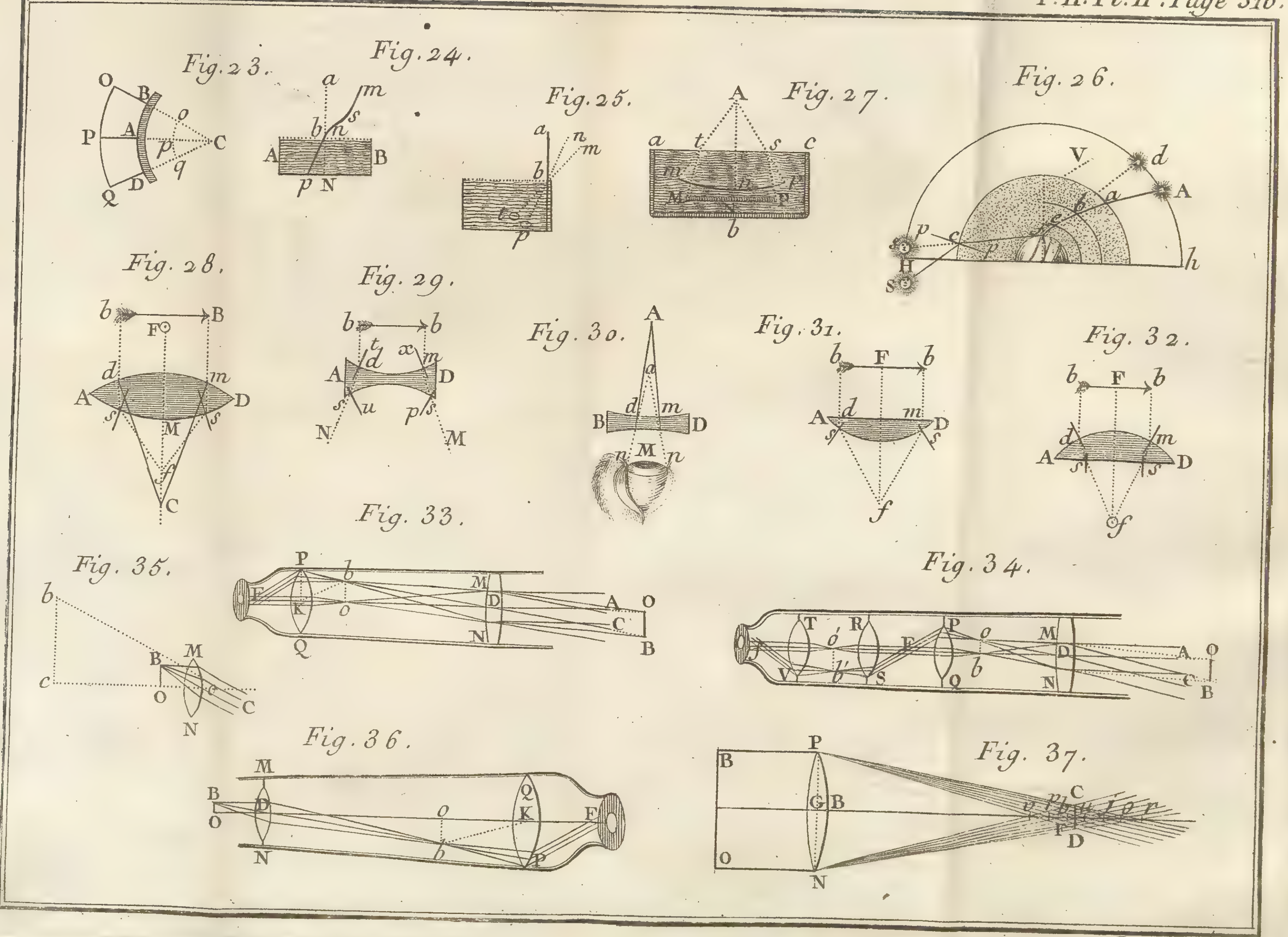
Selon ce ſavant célebre, une ligne d'épaiſſeur de verre détruit $\frac{2}{7}$ de lumiere ; mais M. de Buffon a trouvé, en ſe ſervant du verre de Saint-Gobein, différent ſans doute de celui qu'a employé M. Bouguer, qu'une ligne d'épaiſſeur d'un tel verre ne diminue la lumiere que d'environ $\frac{1}{7}$; que deux lignes ne la dimi-

nuent pas tout-à-fait d'un $\frac{1}{4}$, & trois glaces de deux lignes, moins de $\frac{2}{3}$; & ce dernier Auteur assure que la lumiere ne diminue que d'un peu plus de moitié, en traversant une épaisseur de 6 lignes de verre de Bohême.

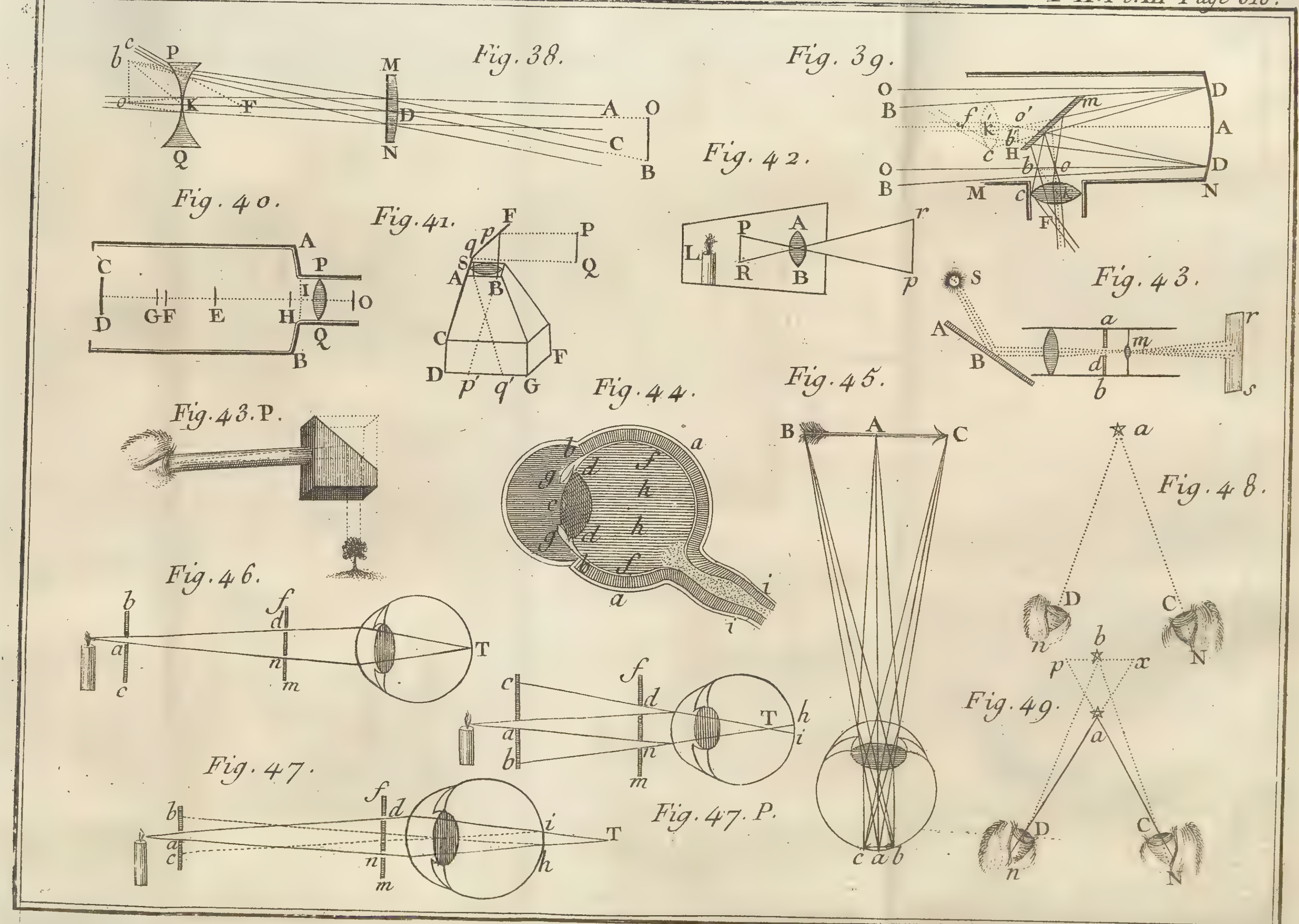
Il est bon de remarquer que la lumiere qui sort d'un corps opaque peut avoir perdu une partie de sa vîtesse par l'inégalité des forces attractives & répulsives des molécules de ce corps, qui l'ont fait errer dans des labyrinthes innombrables, & qui ne lui permettant pas de se diriger dans un certain sens, la dispersent de tous côtés, de maniere qu'elle ne peut faire aucune impression sensible sur la rétine : telle paroît être la véritable cause de l'opacité. La *transparence* au contraire, tire son origine non seulement des pores droits, (qui se trouvent dans tous les corps,) mais principalement de l'homogénéité des parties qui exerçant des forces égales sur les globules lumineux, leur permettent de sortir en ligne droite, de se diriger dans certains sens, de maniere qu'à leur sor-


Fig. 1.
Fig. 2
Fig. 3.
Fig. 4.
Fig. 5.
Fig. 6.
Fig. 7.
Fig. 8.
Fig. 9.
Fig. 10.
Fig. 11.
Fig. 12.
Fig. 13.
Fig. 14.
Fig. 15.
Fig. 16.
Fig. 17.
Fig. 18.
Fig. 19.
Fig. 20.
Fig. 21.
Fig. 22.





Picquet Sculp.


Fig. 38.
Fig. 39.
Fig. 40.
Fig. 41.
Fig. 42.
Fig. 43.
Fig. 43. P.
Fig. 44.
Fig. 45.
Fig. 46.
Fig. 47.
Fig. 47. P.
Fig. 48.
Fig. 49.
Picquet Sculp.



tie du milieu diaphane, la vîtesse est la même qu'à leur entrée.

SECTION VI.

ASTRONOMIE PHYSIQUE.

1. Les Hommes qui font le moins d'attention au spectacle de ce vaste univers, s'apperçoivent néanmoins que le soleil & la lune se levent & se couchent chaque jour; & en passant une nuit à observer les autres astres, on les voit se lever & se coucher aussi; de maniere qu'il y a un mouvement commun, du moins apparent, par lequel les astres en général font le tour de la terre dans l'espace d'environ 24 heures. Lorsqu'on considere ce mouvement en se plaçant sur un lieu élevé & regardant autour de soi, on ne peut s'empêcher de remarquer un cercle très-apparent qui termine la vue de tous côtés, divise le ciel en deux parties dont celle qui est au dessus de notre tête est la seule visible : on l'appelle l'*horizon*. Les astres ne sont visibles que

quand ils parviennent audessus de l'horizon.

2. En examinant le mouvement général des astres, on s'apperçoit bientôt que chaque étoile décrit un cercle dans l'espace d'environ 24 heures : tous ces cercles sont paralleles, & la ligne droite qui les traverse tous en passant par leur centre, s'appelle l'*axe* du *monde*. Les deux extrêmités de cette ligne qui passe aussi par le centre de la terre, & qu'on conçoit terminée au fond du ciel, sont les *poles célestes* ; les deux points où cette ligne rencontre la surface de la terre, sont appellés les *poles de la terre*. Le *pole septentrional* du monde est situé du côté du nord fort près d'une étoile qu'on nomme étoile *polaire* ; le pole opposé situé du côté du midi, est appellé le *pole austral* ou *méridional* du monde. Tout le monde connoît cette constellation composée de sept étoiles, que les Astronomes appellent la *grande ourse*, & que les gens de la campagne nomment le *charriot de David* ; si l'on tire une ligne par les deux étoiles du quarré de l'ourse qui sont le plus éloignées de sa queue,

& du côté de la convexité de la même queue, cette ligne prolongée passera fort près de l'étoile polaire & du pole du monde qui n'est guere éloigné de cette étoile.

3. Un observateur qui connoît dans le ciel la situation du pole septentrional du monde, distinguera facilement les *points cardinaux*; le *nord* & le *sud*, l'*orient* & l'*occident*. 1°. Le nord ou le septentrion est le côté vers lequel est dirigée l'ombre d'un corps quand il est midi; 2°. le sud ou le midi est le côté opposé au nord; 3°. l'*orient*, le *levant* ou l'*est*; 4°. le *couchant*, l'*occident* ou l'*ouest*; ces deux derniers sont situés entre les deux points du nord & du sud & à égale distance; l'orient est à droite quand on regarde le pole, & l'occident est à gauche.

4. Le *zénith* est le point qui répond directement au dessus de notre tête, celui auquel va se diriger le fil à-plomb, lorsqu'on y suspend un poids. Si l'on conçoit un cercle qui passant par ce point, ait le même centre que l'horizon, auquel par conséquent il sera perpendiculaire, comme l'angle

que fait le fil à-plomb avec l'horizon eſt droit, l'arc de ce cercle compris entre le zénith & l'horizon ſera de 90 degrés. Les cercles qui paſſent par le zénith & par le centre de l'horizon qui eſt le même que celui du monde, (car nous concevons ici que l'horizon paſſe par le centre de la terre, que nous regardons comme celui de l'univers), ſont appellés *verticaux*; c'eſt par l'arc d'un de ces cercles compris entre un aſtre & l'horizon qu'on meſure la hauteur de cet aſtre: ſi cet arc eſt de 30 degrés, on dit que l'aſtre eſt élevé de 30 degrés au deſſus de l'horizon. Le *nadir* eſt le point inférieur de la ſphere céleſte; celui qui eſt oppoſé au zénith, en un mot celui vers lequel ſe dirige par en bas un fil à plomb par ſa gravité naturelle. Outre l'horizon *rationnel* ou *mathématique*, qui, pour chaque lieu de la terre, ſépare la partie viſible du ciel de celle qui ne l'eſt pas, on doit concevoir l'horizon qu'on appelle *ſenſible*, c'eſt un plan parallele à l'horizon rationnel, & qui touche la ſurface de la terre; on n'en fait pas grand uſage; & d'ailleurs dès qu'il

s'agit des aſtres qui ſont fort éloignés de nous, on peut ſuppoſer que ces deux cercles ſe confondent enſemble ; la diſtance qui les ſépare étant comme nulle relativement à celle qu'il y a entre la terre & les étoiles. L'horizon eſt différent pour tous les points de la terre : chaque pays a le ſien. L'obſervateur placé en *A* (*fig.* 1), a pour horizon *H N* ; s'il s'avançoit de 10 degrés au point *B*, ſon horizon deviendroit *R P*, & feroit avec le précédent un angle qui feroit auſſi de 10 degrés.

5. L'angle que fait l'axe du monde avec l'horizon, fait connoître l'élévation ou l'abaiſſement du pole ſeptentrional, ou *arctique*, & du pole méridional ou antarctique. A Paris le pole boréal eſt élevé d'environ 49 degrés, & le pole auſtral eſt abaiſſé d'autant (1). Si l'on conçoit un cer-

(1) Virgile déſigne la différence des poles dont l'un eſt élevé par rapport à nous du côté du nord, & l'autre abaiſſé vers le midi, en diſant :

Hic vertex nobis ſemper ſublimis : at illum
Sub pedibus Stix atra videt, maneſque profundi.

Georg. I, 242.

cle qui paſſe par le milieu de l'axe du monde, ou par le centre de l'univers, & dont le plan ſoit perpendiculaire à la ligne qui joint les deux poles, ce cercle, qu'on nomme *équateur*, ſéparera la ſphere céleſte & le globe de la terre, en deux hémiſpheres égaux, l'un ſeptentrional, l'autre méridional. Lorſque le ſoleil paroît parcourir ce cercle, ce qui arrive aux équinoxes, les jours ſont égaux aux nuits par toute la terre.

L'équateur étant à égale diſtance de l'un & de l'autre pole, les poles du monde ſeront en même temps ceux de l'équateur ; car on appelle en général *poles* d'un cercle les deux points de la ſphere qui ſont le plus éloignés de ce cercle, ou ceux qui ſont ſitués ſur une ligne perpendiculaire au même cercle & paſſant par ſon centre. C'eſt pourquoi le zénith eſt le pole de l'horizon ; il en eſt de même d'un autre cercle ; ſon pole en eſt toujours éloigné de 90 degrés en tout ſens. Mais il ne s'agit ici que des grands cercles de la ſphere : ce ſont ceux qui ont le même centre que la ſphere ; tels ſont l'horizon & l'équa-

teur. La ligne qui passe par les deux poles d'un cercle s'appelle aussi en général l'*axe* de ce cercle. Cette ligne est toujours perpendiculaire au plan de ce cercle; mais le diametre est tiré dans le plan même du cercle.

6. Le *méridien* est un grand cercle de la sphere qui passe par les deux poles du monde aussi-bien que par le zénith & le nadir, partageant le ciel & la terre en deux hémispheres égaux, l'un oriental & l'autre occidental. Il est ainsi appellé, parce qu'il marque le milieu du jour, quand le soleil y arrive, chaque point de ce cercle étant également éloigné de l'horizon à droite & à gauche. Le méridien d'un lieu situé plus à l'orient ou à l'occident que Paris, est différent du méridien de cette Ville; de maniere que si l'on avance de 15 degrés vers l'orient, le zénith de l'observateur avancera de la même quantité aussi-bien que son méridien. Ainsi de Brest à Paris il y a 7 degrés dont Paris est plus oriental que Brest. Mais quand on va directement vers le nord ou vers le sud, on ne change point de méridien. Tous les méridiens de différens

lieux de la terre se réunissent & se coupent aux deux poles du monde ; & ils sont tous coupés en parties égales par l'équateur dont le plan est à égale distance des deux poles : ils sont tous perpendiculaires à ce cercle. Mais quand un observateur placé dans un endroit fixe, parle du méridien, il entend le méridien du lieu où il est, celui qui passe par son zénith & que l'on considere comme fixe aussi bien que l'horizon.

La hauteur d'un astre, comme nous l'avons déjà dit ci-dessus (n°. 4), se mesure par un arc d'un cercle vertical, qui va de l'astre à l'horizon. Soit un observateur désigné par *O* (*fig.* 2), dont *z* est le zénith, & *H O R*, l'horizon, qui est un cercle dont nous ne représentons ici que le diametre; si l'on décrit le demi-vertical *H z R*, qui passe par le zénith, *z R* sera un quart de cercle; ensorte qu'une étoile qui seroit située en *z*, auroit 90 degrés de hauteur; si elle étoit située en *A*, de maniere que l'angle *A O R* fût de 45 degrés, l'arc *A R* ou la hauteur de l'étoile seroit de 45 degrés. Supposons que l'observateur *O*

ſoit muni d'un quart de cercle *B O D*, de bois ou de métal, diviſé en 90 degrés, en plaçant un des côtés *B O* verticalement, au moyen d'un fil à plomb, & mettant enſuite l'œil au centre *O*, il remarquera ſur quel point *C* répond l'aſtre *A*; le nombre de degrés compris entre *C* & *D* ſur ſon inſtrument, ſera égal au nombre de degrés de l'arc *A R* du vertical céleſte qui marque la hauteur de l'aſtre au deſſus de l'horizon ; enſorte que ſi l'arc *D C* eſt de 45 degrés, la hauteur de l'aſtre *A* ſera auſſi de 45 degrés: ſi une étoile étoit placée en *a*, on trouveroit la diſtance qu'il y a entre cette étoile & l'aſtre *A*, en meſurant l'arc de cercle *c C* compris entre les deux rayons viſuels *O a*, *O A*; car ſi l'arc *c C* eſt de 20 degrés, l'arc céleſte correſpondant *a A* ſera auſſi de 20 degrés : or les Aſtronomes ſe ſervent pour meſurer les mouvemens apparens & relatifs des aſtres, de degrés, minutes ou ſecondes, ou de portions de cercles, & ils meſurent auſſi les diſtances apparentes des aſtres par les degrés, minutes & ſecondes d'un arc de cercle

dont le centre d'où partent les rayons visuels est l'œil du spectateur. Si deux rayons visuels menés l'un au bord supérieur & l'autre au bord inférieur de la lune située près de l'horizon, forment un angle d'un demi-degré ou de 30 minutes, on dira que la lune a un diametre de 30 minutes ou d'un demi-degré.

Les Astronomes emploient d'une autre maniere le quart de cercle dont ils se servent pour mesurer les hauteurs; ils placent un des côtés *O B* (*fig.* 3), de maniére qu'il soit dirigé vers l'astre *A*; au centre *O* de l'instrument est suspendu librement un fil à plomb *O D*; dans ce cas l'arc *F G* du quart de cercle compris entre le fil à plomb & le rayon *O G* aura autant de degrés que l'arc *A R* qui mesure la hauteur de l'astre au dessus de l'horizon; en effet la ligne verticale *Z O D* fait avec le rayon visuel qui va du point *B*, (où est situé le spectateur dans cette maniere d'observer), à l'astre *A*, un angle, qui est mesuré par l'arc *Z A* d'un côté, & de l'autre par l'arc *B F* qui a le même nombre de degrés; car les deux angles *B O F*, *Z O A* étant opposés au sommet, sont égaux, ainsi que nous l'avons fait voir dans notre Précis des Mathématiques: c'est ce que nous appellerons la *distance au zénith*. Mais cette distance étant connue, on l'ôtera du quart de cercle *Z A R*, ou de 90 degrés, & il restera la hauteur *A R*;

& cette hauteur ſera meſurée par l'arc *F G* du quart de cercle. Suppoſons que la diſtance au zénith déſignée par l'arc *B F* ou par *Z A* ſoit de 50 degrés, ôtant 50 degrés de 90 degrés, il reſtera 40 degrés pour la valeur de l'arc *F G* ou de l'arc *A R*; & la hauteur de l'aſtre *A* ſera de 40 degrés.

7. Tandis que la ſphere entiere tourne ſur ſon axe *P R* (*fig.* 4), chaque point de l'équateur *E Q* décrit un grand cercle de la ſphere; mais les points qui ſont plus près du pole, comme le point *A*, par exemple, décrivent des cercles plus petits qui la coupent en parties inégales. Ils ont leur centre hors de celui de la ſphere, ſur l'axe *PR*, ils ſont paralleles à l'équateur, & on les nomme ſimplement des *paralleles*: tel eſt le cercle *A B* qui a ſon centre au point *D* de l'axe *P R*, & qui paroît ovale dans la figure, parce que nous ſuppoſons qu'il eſt vu en perſpective & de côté. Pendant la révolution de la ſphere, chaque point du ciel placé hors de l'équateur, décrit un parallele d'autant plus petit que ce point eſt plus éloigné de l'équateur: tous les paralleles *A B* ſont coupés en deux parties égales par le méridien *P A M R B*; le plan de ce cercle les

traverſe par le centre, & les partage par conſéquent en deux parties égales. Si le parallele *A B* que décrit une étoile eſt tout entier au deſſus de l'horizon *H O*, elle paſſera deux fois le jour au méridien, d'abord en *A*, & enſuite 12 heures après en *B*; ſa plus grande élévation au deſſus de l'horizon, ſera dans ſon paſſage ſupérieur en *A*, & ſa plus petite hauteur dans ſon paſſage inférieur en *B*. Mais ſi le parallele de l'étoile ſe trouve n'avoir qu'une petite partie au deſſus de l'horizon, comme le parallele *M N L*, (dont on n'a repréſenté ici que la moitié), la partie ſupérieure *M N* élevée ſur l'horizon, ſera moins conſidérable que la partie inviſible *N L* cachée par l'horizon, & on ne verra l'étoile que pendant la plus petite partie de 24 heures. Deux grands cercles de la ſphere ayant le même centre, ſe coupent à ce point, & leur commune ſection eſt un diametre commun: mais il eſt de la nature du diametre de couper le cercle en deux parties égales; ainſi le plan de chaque grand cercle eſt coupé par l'autre, ſuivant ſon diametre même & en parties égales.

8. Le principe que nous avons déjà établi, suffit pour trouver la hauteur du pole par le moyen des étoiles. Prenons une étoile située près du pole nord *P*, en *A*, par exemple, (*fig.* 4); si cette étoile est à 2 degrés du pole, les arcs *A P* & *P B* seront chacun de deux degrés, & l'arc entier *A P B* sera de 4 degrés. C'est pourquoi l'étoile étant au méridien en *A*, dans la partie supérieure de son parallele, aura une hauteur *H A* au dessus de l'horizon, plus grande de 4 degrés que la hauteur *B H* de cette même étoile, lorsque 12 heures après elle sera au dessous du pole; & la différence *B A* de ces deux hauteurs sera de 4 degrés. Supposons maintenant qu'on ait observé la hauteur de l'étoile en *A*, & sa hauteur en *B*; il faudra pour avoir la hauteur du pole *P*, diviser en deux parties égales la différence *B A* des deux hauteurs. On ajoutera la moitié *P B* de cette différence avec la petite hauteur *H B* de l'étoile; la somme donnera la hauteur *H P* du pole. Si une étoile observée à Paris, a d'abord 47 degrés de hauteur, & 12 heures après 51 de-

grés, on prendra 2 degrés, moitié de la différence 4; ce sera la distance de l'étoile au pole; ces 2 degrés ajoutés à la plus petite hauteur, (47 degrés), de l'étoile, donneront la hauteur du pole, qui sera par conséquent de 49 degrés. On trouvera le même résultat en prenant la moitié de la somme des deux hauteurs 47 & 51 degrés; car cette moitié vaut 49 degrés; c'est ainsi que les étoiles voisines du pole servent à trouver sa hauteur. La hauteur du pole étant connue, celle de l'équateur, sera facile à trouver. Soit *E Q*, l'équateur, sa hauteur au dessus de l'horizon *H O*, est mesurée par l'arc *O E* du méridien, qui passe nécessairement par le zénith *Z*. Tous les points de l'équateur étant également distans des deux poles *P*, *R*, le point *E* doit partager en deux parties égales le demi-cercle *P E R*; ainsi l'arc *P E* est un quart de cercle, & vaut par conséquent 90 degrés. D'autre côté, l'horizon *H O*, qui est un grand cercle de la sphere, coupant le méridien, qui est aussi un autre grand cercle de la sphere, en parties égales; si du demi-cercle ou

du demi-méridien *H P O*, l'on retranche l'arc *E P* qui eſt un quart de cecle, il reſtera deux arcs *H P*, *E O* qui pris enſemble, vaudront un quart de cercle ou 90 degrés ; c'eſt pourquoi ſi de 90 degrés, l'on retranche la hauteur *H P* du pole, il reſtera la hauteur *E O* de l'équateur ; mais ſi le pole *P* eſt ſuppoſé celui du nord, & que l'obſervateur ſoit placé endeça de l'équateur, le point *O* de l'horizon ſera ſitué du côté du midi. Les Aſtronomes diſent que la hauteur du pole *H P*, eſt le *complément* de la hauteur *E O* de l'équateur ; c'eſt-à-dire, que la hauteur du pole eſt ce qui manque à celle de l'équateur, pour valoir 90 degrés (1) : le zénith *Z* étant toujours éloigné de l'horizon de 90 degrés, les arcs *Z O*, *Z H* ſeront chacun un quart de cercle ; c'eſt pourquoi la hauteur *H P* du pole, eſt le complément de la diſtance *P Z* du pole au zénith ; car ces

(1) Il eſt bon de ſe rappeller que nous avons dit dans notre Précis de Mathématiques & ailleurs, que le *complement* d'un arc eſt ce qui lui manque pour valoir 90 degrés, & que le *ſupplément* eſt ce qui lui manque pour valoir un demi-cercle ou 180 degrés.

deux quantités prises ensemble, valent 90 degrés comme la somme des arcs *H P*, *E O*; d'où il suit que les arcs *P Z*, *E O* sont égaux; ainsi la distance *P Z* du pole au zénith est égale à la hauteur *E O* de l'équateur. Mais les deux arcs *Z P*, *P H* pris ensemble, valent un quart de cercle aussibien que l'arc *Z O*; donc si d'un côté l'on retranche *P Z*, & de l'autre l'arc égal *E O*, il restera des arcs égaux; c'est-à-dire que l'arc *H P*, (*ou la hauteur du pole*), est égal à l'arc *E Z*, ou à *la distance de l'équateur au zénith.*

9. Plus on avance vers le nord, plus les ombres méridiennes, mesurées le même jour, se trouvent longues; ce qui prouve que la hauteur du soleil au dessus de l'horizon, devient plus petite à mesure qu'on s'éloigne de l'équateur, en allant vers le septentrion. De cette observation les anciens conclurent que la terre étoit ronde. Son ombre dans les éclipses de lune, paroît toujours ronde, & les vaisseaux en avançant vers la pleine mer, disparoissent; on les voit descendre & se perdre peu à peu par la courbure de la surface

des eaux. Il y a environ 1900 ans que Posſidonius trouva que l'étoile appellée *Canopus*, qui paſſoit au méridien d'Alexandrie, à la hauteur de 7 degrés $\frac{1}{2}$, ne s'élevoit preſque pas à Rhodes, mais qu'elle paſſoit à l'horizon, & ne faiſoit qu'y paroître : il ſuivoit de-là que ces deux Villes ſituées ſous le même méridien ou à peu près, avoient des horizons qui faiſoient entr'eux un angle de 7 degrés $\frac{1}{2}$; puiſque la même étoile ſe trouvant dans l'un de ces horizons, étoit éloignée de l'autre de 7 degrés $\frac{1}{2}$; ainſi l'arc du méridien terreſtre compris entre ces deux villes étoit de 7 degrés $\frac{1}{2}$, tandis que leur diſtance itinéraire, en ligne droite, étoit de 3250 ſtades, au rapport d'Eratoſthene, cité par Strabon ; mais 7 degrés $\frac{1}{2}$ ſont la $\frac{1}{48}$ partie d'un cercle ou la $\frac{1}{48}$ partie de 360 degrés ; ainſi prenant 48 fois ce nombre de ſtades, on trouvera que les 360 degrés de la terre valent 180000 ſtades. Le ſtade Egyptien, ſuivant M. Le Roi, (Ruines des monumens de la Grece), peut être évalué à 114 $\frac{13}{109}$. toiſes. Ainſi la circonférence de la terre doit être, ſelon ce calcul, de 8999 lieues, cha-

cune de 2283 toiſes; ce qui s'éloigne bien peu de la meſure conſtatée par l'Académie, qui eſt d'environ 9000 lieues. Mais la terre n'eſt pas parfaitement ronde, comme nous l'avons dit ailleurs; elle eſt au contraire un peu applatie vers les poles; cependant en Phyſique on peut la regarder comme parfaitement ſphérique, parce que l'applatiſſement qui résulte des meſures & des calculs les plus exacts, eſt en effet fort peu conſidérable. Nous invitons ceux de nos Lecteurs qui ſont aſſez verſés dans les Mathématiques, à conſulter ce que nous avons dit ſur cette matiere dans le cinquieme volume de notre Cours complet de Mathématiques.

Si quelqu'un avoit quelque peine à comprendre comment on a pu déterminer la longueur d'un grand cercle de la terre, il ſeroit aiſé de lui faire remarquer que, ſi un Obſervateur s'avance d'un degré du côté du pole nord, en ſuivant le même méridien, la hauteur du pole augmentera d'un degré. Donc il y aura auſſi un degré du méridien terreſtre entre le lieu d'où il eſt parti, & celui où il eſt arrivé; c'eſt

pourquoi, si la distance de ces deux lieux est de 25 lieues, chacune de 283 toises, on concluera que les 360 degrés de la circonférence entiere d'un grand cercle de la terre, valent 90000, car 360 fois 25 font 9000. Lorsqu'on voit les astres augmenter d'un degré de hauteur, c'est une preuve que notre horizon & notre zénith ont changé d'un degré; car ce sont les termes fixes auxquels se rapportent nos observations des hauteurs.

10. Notre globe a son équateur & ses poles qui répondent à l'équateur & aux poles célestes. L'équateur terrestre est un cercle qui a le même centre, & qui est dans le même plan que l'équateur céleste. L'équateur terrestre ou la *ligne équinoxiale*, fait le tour de la terre, en la divisant en deux parties égales, l'une méridionale, l'autre septentrionale; il passe au milieu de l'Afrique, dans les Etats du Macoco & du Monoémugi; traverse la mer des Indes, les isles de Sumatra & de Bornéo, la vaste étendue de la mer pacifique; l'équateur passe ensuite au travers de l'Amérique méri-

dionale, depuis la province de Quito au Pérou, jusqu'à l'embouchure de la riviere des Amazones. Nous disons que les pays qui sont sur cette ligne, n'ont aucune *latitude*, parce que l'on appelle *latitude* les distances à l'équateur, en les comptant sur le méridien : à mesure qu'on quitte l'équateur pour avancer vers les poles, soit au septentrion, soit au midi, on avance en latitude ; lorsqu'on est à un degré, ou à 25 lieues de l'équateur, on a un degré de latitude.

La *latitude* ou la distance d'un lieu à l'équateur est donc l'arc du méridien de ce lieu, compris entre l'équateur & ce lieu : on appelle *latitude* nord ou *latitude septentrionale*, la distance à l'équateur, pour les pays qui sont situés du côté du nord, & *latitude sud*, ou *latitude méridionale*, celle qui est comptée de l'autre côté de la ligne ou de l'équateur en allant vers le pole méridional. On ne sauroit avoir plus de 90 degrés de latitude, parce qu'il n'y a que 90 degrés entre l'équateur & les poles, où toutes les latitudes finissent. La hauteur du pole dont nous avons

parlé

parlé ci-devant, est égale à la latitude du lieu, parce que la latitude n'est autre chose que la distance d'un lieu à l'équateur terrestre, ou la distance de son zénith à l'équateur céleste; & cette distance est mesurée par l'arc *Z E* (*fig.* 4). Mais cet arc est égal à la hauteur *P H* du pole; c'est pourquoi la *latitude d'un lieu est égale à la hauteur du pole.* Si l'arc *Z E* est de 45 degrés, pour un lieu donné, la latitude de ce lieu sera de 45 degrés: telles sont les Villes de Bourdeaux, Briançon, Turin, Plaisance, Mantoue, Astracan, &c.

11. Après avoir mesuré la distance des lieux en allant de l'équateur vers l'un des poles, sous le nom de latitudes, on a voulu les mesurer dans un autre sens, c'est-à-dire d'occident en orient; & les anciens les ont nommées *longitudes*, parce que la longueur des pays connus étoit plus grande dans ce sens-là que du nord au midi, lorsque les premiers Géographes ont établi leur mesure, il y a environ 1800 ans. Pour mesurer les longitudes, on conçoit plusieurs méridiens terrestres; ces cercles sont per-

pendiculaires à l'équateur, & passent tous par les poles de la terre qui sont aussi les poles de l'équateur terrestre. Tous les lieux qui sont situés sur un même méridien, ont la même longitude, dont les degrés se comptent sur l'équateur, en allant d'occident en orient, depuis le premier méridien jusqu'à celui du lieu dont il s'agit; de maniere que si l'arc de l'équateur compris entre le premier méridien & celui d'une Ville donnée, est de 20 degrés, la longitude de cette ville sera de 20 degrés. Le *premier méridien* d'où l'on part pour compter les longitudes, est une chose arbitraire & de pure convention. La Déclaration du 25 Avril 1634 la fixe pour les Géographes François, à l'extrêmité de l'isle de Fer, la plus occidentale des isles Canaries. Le Bourg principal de cette isle est à 19 degrés 53 minutes 45 secondes à l'occident de Paris; mais M. de l'Isle, fameux Géographe, ayant supposé pour plus de facilité & en nombres ronds, que Paris étoit à 20 degrés de longitude, les Géographes de France ont suivi son exemple; c'est pourquoi dans la

plupart de nos Cartes, on établit le premier méridien à 20 degrés du méridien de Paris, du côté de l'occident; & l'on continue de compter les longitudes terreſtres vers l'orient jusqu'à 360 degrés, en faiſant tout le tour de la terre; néanmoins les Aſtronomes François ont une autre maniere de compter les longitudes: ils prennent, non pas en degrés, mais en temps, la différence des méridiens ou la différence des longitudes entre Paris & les autres lieux; 15 degrés de longitude font une heure, parce que le ſoleil faiſant en apparence le tour de la terre en 24 heures, parcourt en une heure la $\frac{1}{24}$ partie de ſon cercle ou 15 degrés; un degré ſait 4 minutes de temps. Un obſervateur qui s'avanceroit à 15 degrés de Paris du côté de l'orient, compteroit une heure de plus qu'à Paris; & comme Vienne en Autriche eſt à environ 15 degrés à l'orient de Paris, le ſoleil arrive au méridien de Vienne une heure plutôt qu'à celui de Paris, de maniere qu'on compte midi à Vienne lorſqu'il n'eſt encore qu'onze heures du matin à Paris;

& il eſt midi une heure plutôt à Vienne qu'à Paris. C'eſt pourquoi un obſervateur qui avance de 15 degrés vers l'orient, va au devant du ſoleil, & le voit une heure plutôt. En continuant d'avancer ainſi vers l'orient de 15 en 15 degrés, il gagneroit une heure à chaque fois; & s'il faiſoit le tour entier du globe, il auroit gagné 24 heures en arrivant à Paris, de maniere qu'il compteroit un jour de plus que les Pariſiens; il ſeroit au Jeudi, tandis que les Pariſiens ſeroient encore au Mercredi. Un autre obſervateur qui s'avanceroit de 15 degrés du côté de l'occident, compteroit une heure de moins qu'à Paris; de maniere qu'il compteroit 11 heures, lorſque les Pariſiens comptent midi; ainſi le ſoleil ſe leveroit une heure plus tard pour lui que pour Paris. En continuant d'avancer ainſi vers l'oueſt de 15 en 15 degrés, il perdroit une heure à chaque fois; & revenant à Paris après avoir fait le tour du monde, il ne compteroit que Jeudi lorſque les Pariſiens ſeroient au Vendredi. On remarque cette ſingularité dans la

maniere de compter, toutes les fois qu'on voit arriver un vaiſſeau qui a fait le tour du monde. Les habitans des iſles de la mer du ſud, qui ſont éloignés d'un demi-cercle ou de 12 heures de notre méridien, voient les voyageurs qui viennent des Indes & ceux qui leur viennent de l'Amérique, compter différemment les jours de la ſemaine; car ſuppoſant qu'il eſt Mardi à midi pour Paris, ceux qui ſont dans les Indes, diſent qu'il y a ſix heures que Mardi eſt commencé; & ceux qui ſont en Amérique diſent qu'il s'en faut au contraire de pluſieurs heures. Dampierre étant allé à Mindanao par l'oueſt, trouva qu'on y comptoit un jour de plus que lui. Les Portugais établis à Macao, ville maritime de la Chine, comptent un jour de plus que les Eſpagnols ne comptent aux Philippines, quoiqu'ils ſoient peu éloignés les uns des autres : les premiers ſont au Lundi, tandis que les ſeconds ne comptent que le Dimanche; cela vient de ce que les Portugais de Macao y ſont allés par l'orient, & que les Eſpagnols ſont allés aux Philippines par

l'occident, en partant de l'Amérique & traversant la mer du Sud.

On peut se servir des éclipses de lune pour trouver la longitude d'un lieu. Supposons, par exemple, qu'il soit onze heures précises du soir à Vienne en Autriche, lorsqu'on y observe le commencement d'une éclipse de lune, & qu'on remarque le même commencement à Paris à dix heures précises, nous serons assurés qu'il y a une heure de temps de différence entre la capitale de l'Autriche & celle de la France, & qu'on compte une heure de plus dans cette premiere Ville; d'où nous concluerons que Vienne est à 15 degrés à l'orient de Paris; de maniere que sa longitude est plus grande de 15 degrés que celle de Paris. Si on observoit le commencement de la même éclipse à neuf heures du soir dans un lieu plus occidental que Vienne en Autriche, on pourroit assurer que le méridien de ce lieu est éloigné de 30 degrés de celui de Vienne, dont la longitude seroit plus grande de 30 degrés que celle de ce lieu.

12. Le mouvement diurne commun à tous les aſtres, par lequel ils paroiſſent aller d'orient en occident*, n'eſt pas le ſeul qu'on ait obſervé dans les planetes. Tous les mois la lune change de figure, & fait le tour du ciel dans un ſens contraire à celui du mouvement général; de maniere qu'elle a un mouvement propre & réel d'occident en orient, par lequel elle fait une révolution entiere autour de la terre dans l'eſpace de 27 jours & quelques heures, en avançant tous les jours vers l'orient d'environ 13 degrés. La lune paroît tantôt ronde ou pleine, quelques jours après elle reſſemble à un demi-cercle, & cette apparence ou phaſe eſt appellée le *dernier quartier de la lune*; quelques jours après continuant de ſe rapprocher du ſoleil, elle paroît le matin à l'orient avant le lever du ſoleil, les cornes vers le haut oppoſées à cet aſtre; bientôt après elle diminue tellement à nos yeux, que ſe perdant dans les rayons du ſoleil, elle diſparoît totalement pendant 3 ou 4 jours, & l'on dit alors qu'elle eſt *nouvelle*. Elle reparoît enſuite le ſoir

vers l'occident après le coucher du soleil, sous la forme d'un *croissant* dont les pointes sont toujours vers le haut ou opposées au soleil; mais en continuant d'avancer vers l'orient par son mouvement propre, elle augmente de grandeur, & acquiert la forme d'un demi-cercle lorsqu'elle est en *quadrature avec le soleil*, dont elle est alors éloignée de 90 degrés; l'arc de cercle qui mesure l'angle formé par deux lignes tirées de l'œil de l'observateur au centre du soleil & à celui de la lune, étant dans ce cas de 90 degrés; c'est ce qu'on appelle le *premier quartier*. Enfin 7 à 8 jours après, elle reparoît *pleine*, ronde & lumineuse, comme elle étoit un mois auparavant, elle passe au méridien à minuit, & l'on voit qu'elle est opposée au soleil, qui se trouve alors dans la partie inférieure du même méridien. Nous rendrons raison dans la suite de toutes ces apparences différentes de la lune.

13. Quoique le soleil par son mouvement journalier, (qui n'est qu'apparent, comme nous le verrons dans la suite), fasse une révolution

d'orient en occident, il paroît encore avoir un mouvement d'occident en orient, par lequel il se rapproche de jour en jour des étoiles qui sont plus orientales que lui : ce mouvement est d'environ 1 degré chaque jour ; & au bout d'environ 365 jours on revoit l'étoile vers l'occident, à la même heure & au même endroit où elle paroissoit l'année précédente à pareil jour ; ensorte que le soleil est revenu se placer au même point par rapport à l'étoile, après avoir fait une révolution entiere : c'est ce qu'on appelle le *mouvement annuel* (1). Par ce mouvement apparent, le soleil décrit un orbite qu'on appelle *écliptique*, parce que la lune est toujours dans le plan de cet orbite ou à très-peu près, lorsqu'il y a éclipse de soleil ou de lune. On peut remarquer que lorsque le soleil est arrivé en été au point le plus

(1) Ces deux mouvemens sont très-bien exprimés dans ces quatre vers d'Ovide :

Adde quòd assiduâ rapitur vertigine cælum,
Sideraque alta trahit, celerique volumine torquet ;
Nitor in adversum ; nec me (qui cætera) vincit
Impetus ; & rapido contrarius evehor orbi.

Metam. 11.

près du pole ſeptentrional, ſa hauteur méridienne eſt plus grande que celle de l'équateur d'environ 23 ½ degrés, & qu'elle eſt plus petite de la même quantité que celle de ce cercle, lorſqu'en hiver cet aſtre ſe trouve le plus éloigné qu'il eſt poſſible de l'équateur. Nous pouvons ici conſidérer l'écliptique, comme un cercle qui coupe l'équateur en deux points, qu'on appelle les *points équinoxiaux*, & qui fait avec ce cercle un angle d'environ 23 ½ degrés; mais cet angle n'eſt pas, dit-on, invariable; & il diminue d'environ une minute tous les cent ans. Mais les Mathématiciens font voir que cette diminution, (ſi elle a lieu,) ne peut jamais devenir bien conſidérable, & que cet angle, après avoir un peu diminué, augmentera de nouveau.

Lorſque le ſoleil décrit l'équateur, il eſt 12 heures au deſſus de l'horizon, & 12 heures au deſſous, c'eſt-à-dire que le jour eſt alors égal à la nuit: les deux jours auxquels cela arrive ſont appellés les *jours des équinoxes*. L'équinoxe du printemps arrive le 20 de Mars, & celui d'automne le 23 de Septembre. Les points de

l'écliptique ſitués entre les équinoxes, & dans leſquels ſe trouve le ſoleil lorſqu'il eſt le plus éloigné de l'équateur, ont été appellés *ſolſtices*, comme qui diroit *ſtation* du ſoleil ; parce que cet aſtre étant arrivé à ce plus grand éloignement, ſemble être quelques jours à la même diſtance de l'équateur, ſans s'en éloigner, ni ſans s'en rapprocher ſenſiblement. Le *ſolſtice d'été* arrive le 21 de Juin, & le *ſolſtice d'hiver* le 21 Décembre. Le jour du ſolſtice d'été le ſoleil décrit par ſon mouvement diurne le parallele le plus éloigné de l'équateur du côté du pole nord qu'il puiſſe décrire ; ce parallele eſt appellé le *tropique du Cancer*, parce que ce jour-là le ſoleil entre dans la conſtellation qu'on appelle le *ſigne du Cancer* ou de *l'Ecreviſſe* (1). Le jour du ſolſtice d'hiver

(1) Une Conſtellation eſt un amas d'étoiles plus ou moins conſidérable. Pour repréſenter les conſtellations, on a peint des figures dans leſquelles ces étoiles ſe trouvent renfermées ; ainſi, les étoiles de la conſtellation qu'on nomme la *grande ourſe*, ſont renfermées dans une figure qui repréſente cet animal. Les Aſtronomes conçoivent une bande circulaire qui entoure la ſphere céleſte,

le ſoleil décrit le *tropique du Capricorne*, qu'on appelle ainſi, parce que dans ce temps-là le ſoleil entre dans le ſigne du Capricorne. Les tropiques touchent l'écliptique, dans les points ſolſticiaux, & en prenant dans l'écliptique des arcs de 2 ou 3 degrés de part & d'autre de ces points, on remarquera facilement qu'ils s'éloignent très-peu des tropiques ; & c'eſt la raiſon pour laquelle les points de l'écliptique les plus éloignés de l'équateur ont été appellés ſolſtices ; parce que le ſoleil étant arrivé à ces points, paroît ſtationnaire par rapport à l'équateur dont il ne s'approche ni ne s'éloigne du moins ſenſiblement pendant quelques jours. Les

---

& que l'écliptique diviſe en deux parties égales dans toute ſa longueur : cette bande eſt appellée *zodiaque* ; elle a 17 degrés 20 minutes de largeur, 8 degrés 40 minutes d'un côté, & 8 degrés 40 minutes de l'autre côté de l'écliptique. Dans cette bande ſe trouvent 12 conſtellations, dont l'une eſt appellée écreviſſe. Un *ſigne* eſt la douzieme partie de l'écliptique ; il y a 30 degrés : celui de l'écreviſſe répondoit autrefois à la partie du ciel où ſe trouvoit la conſtellation de l'écreviſſe.

tropiques céleſtes ſont éloignés de l'équateur céleſte d'environ 23 $\frac{1}{2}$ degrés (1). Les tropiques terreſtres ſont éloignés de l'équateur terreſtre de la même quantité. Le tropique du Cancer paſſe ſur la terre un peu au-delà du mont Atlas, ſur la côte occidentale de l'Afrique, puis à Siene, en Ethiopie ; delà ſur la mer Rouge, le mont Sinaï, la Mecque, l'Arabie Heureuſe, l'extrêmité de la Perſe, les Indes, la Chine, la mer Pacifique, le Mexique & l'iſle de Cuba. Le tropique du Capricorne paſſe dans le Pérou, le Paraguay, le Bréſil, & le pays des Hotentots en Afrique.

Nous avons dit ci-devant que le ſoleil décrit chaque jour un cercle parallele à l'équateur, ce qui ſuppoſe qu'il reſte à la même diſtance de l'équateur pendant 24 heures ; mais cela n'eſt pas rigoureuſement exact, parce que cet aſtre change continuellement de diſtance à l'équateur, & ſe trouve par conſéquent à chaque inſtant dans

(1) Selon M. de Lalande, cette diſtance eſt de 23 degrés 28 minutes ; mais les premiers Chaldéens qui l'obſerverent à Babylone, la faiſoient de 24 degrés.

un parallele différent, de maniere qu'il décrit plutôt une eſpece de ſpirale; mais pour ſimplifier les expreſſions & les idées, nous ſuppoſerons que le mouvement diurne du ſoleil ſe fait dans un cercle parallele à l'équateur; en regardant comme inſenſible la petite quantité dont le ſoleil ſe rapproche d'un des poles dans l'eſpace de 24 heures.

14. Les Aſtronomes ont imaginé une bande circulaire qu'ils appellent *zodiaque*, qui fait le tour de la ſphere céleſte, & par le milieu de laquelle paſſe l'écliptique; de maniere que ce cercle diviſe ſa largeur en 2 parties égales, chacune de 8 degrés 40 minutes. C'eſt dans le zodiaque que ſe trouvent les douze ſignes & les douze conſtellations, qu'on appelle le *belier*, le *taureau*, les *gemeaux*, l'*écreviſſe* ou le *cancer*, le *lion*, la *vierge*, la *balance*, le *ſcorpion*, l'*archer*, le *capricorne* ou le *bouc*, le *verſeau*, les *poiſſons* (1). On diſtingue

(1) Ces 12 Signes ſont déſignés par les deux vers ſuivans :

Sunt Aries, Taurus, Gemini, Cancer, Leo, Virgo;
Libraque, Scorpius, Arcitenens, Caper, Amphora, Piſces.



le *ſigne* du belier de la conſtellation du belier; l'un n'eſt autre choſe que les 30 premiers degrés de l'écliptique ; l'autre eſt * un aſſemblage d'étoiles qui répondoit autrefois dans le ciel au même endroit que le ſigne du belier, mais qui eſt actuellement plus avancé, comme nous le dirons dans la ſuite. Chaque ſigne eſt de 30 degrés, & le ſoleil les parcourt tous les uns après les autres. Il entre le 20 de Mars dans celui du belier, dans le taureau le 20 Avril, dans les gemeaux le 21 Mai, dans le cancer le 21 Juin, dans le lion le 22 Juillet, dans la vierge le 23 Août, dans la balance le 23 Septembre, dans le ſcorpion le 23 Octobre, dans le ſagittaire le 22 Novembre, dans le capricorne le 21 Décembre, dans le verſeau le 19 Janvier, dans les poiſſons le 18 Février.

Les Aſtronomes ont déterminé la longueur de l'année de 365 jours 5 heures, 28 minutes, 45 ſecondes; l'incertitude ne va pas à 3 ou 4 ſecondes de temps. Mais il faut faire attention qu'il s'agit ici de la durée de l'année tropique, qui détermine

le retour des saisons ; ainsi d'un solstice d'été au solstice d'été suivant, on compte le nombre de jours, d'heures, minutes & secondes, dont nous venons de parler ; mais l'année *syderale*, celle qui ramene le soleil à une même étoile, est un peu plus longue, étant de trois cens soixante-cinq jours, six heures, 9 minutes, 10 secondes.

La *longitude* du soleil se compte sur l'écliptique depuis le commencement du signe du printemps, en allant d'occident en orient ; de maniere que quand cet astre a décrit un arc de 20 degrés, sa longitude est de 20 degrés. La *déclinaison* du soleil est sa distance à l'équateur ; on la compte sur les méridiens qui sont des cercles perpendiculaires à l'équateur ; de maniere que si l'arc d'un méridien compris entre l'équateur & le soleil, se trouve de 10 degrés, la déclinaison de cet astre sera ce jour-là de 10 degrés.

15. Outre les *étoiles* qui sont des corps lumineux par eux-même, des especes de soleil, que l'éloignement nous fait paroître fort petits, on a

remarqué d'autres aſtres, qu'on appelle *étoiles errantes*, ou *planetes* : leurs noms ſont *Mercure*, *Vénus*, *Mars*, *Jupiter* & *Saturne*. Ces planetes ſont quelquefois plus brillantes que les étoiles ; mais leur lumiere eſt tranquille & ſans aucune ſcintillation, (excepté, peut-être, Vénus), tandis que les *étoiles fixes* répandent une lumiere éclatante & vive, dont la ſcintillation ou le frémiſſement annonce des corps lumineux par eux-mêmes. Les planetes parcourent le zodiaque d'occident en orient, par un mouvement propre à chacune, & décrivent des orbites qui s'éloignent peu du plan de l'écliptique ; car Vénus, qui s'en écarte le plus, n'a jamais au-delà de 8 degrés, 40 minutes de latitude ou de diſtance à l'écliptique. La *latitude des aſtres* eſt leur diſtance à l'écliptique ; & cette diſtance eſt meſurée par un arc d'un grand cercle perpendiculaire à l'écliptique, compris entre l'aſtre & l'écliptique. Comme les méridiens, qui ſont des cercles perpendiculaires à l'équateur, paſſent tous par les poles du monde, qui ſont auſſi ceux

de l'équateur, de même les *cercles de latitude*, quand il s'agit des aſtres, ſont des cercles qui paſſent tous par les poles de l'écliptique. Ils ſervent auſſi à connoître la *longitude* d'un aſtre; car cette longitude eſt l'arc de l'écliptique compris entre l'équinoxe du printemps, & le point de l'écliptique auquel répond le cercle de latitude ſur lequel ſe trouve l'aſtre. *L'aſcenſion droite* d'un aſtre, eſt l'arc de l'équateur compris entre le premier point du ſigne du belier & le méridien où ſe trouve l'aſtre; & l'on appelle *déclinaiſon* d'un aſtre la diſtance de cet aſtre à l'équateur, c'eſt-à-dire, l'arc du méridien compris entre cet aſtre & l'équateur.

Ceux de nos lecteurs qui auront entre les mains cette machine ingénieuſe, qu'on appelle *ſphere*, ou plutôt *ſphere armillaire*, parce qu'elle eſt compoſée de pluſieurs cercles évuidés en forme d'armilles, c'eſt-à-dire, d'anneaux ou de colliers, n'auront pas de peine à ſe former une idée claire des grands & des petits cercles de la ſphere. L'horizon eſt repréſenté par le cercle *H O L* (*fig.*

5), posé sur des soutiens qui sont attachés au pied de la sphere. Le méridien est le cercle *R A Z P N*, élevé verticalement, & retenu dans une entaille faite au pied de l'instrument, & dans deux autres entailles faites sur l'horizon au nord & au midi. Les cercles mobiles forment un assemblage ou espece de charpente qui tourne sur la ligne *R P* : cette ligne représente l'*axe* du monde. On y voit l'*équateur*, le *zodiaque*, l'*écliptique*, & les *deux colures*, qui sont des méridiens, dont l'un passe par les *points solsticiaux* ; on le nomme *le colure des solstices* ; l'autre passe par les *points équinoxiaux*, & prend le nom de *colure des équinoxes*. On y remarque les deux tropiques & les deux cercles polaires, qui sont éloignés des poles de 23 $\frac{1}{2}$ degrés, l'un est situé du côté du pole austral : on le nomme cercle *polaire austral* ; mais le cercle *polaire septentrional*, est situé du côté du pole nord. L'invention de la sphere armillaire est très-ancienne : on l'attribue à Atlas, que l'on croit avoir vécu 1600 ans avant Jesus-Christ, à Hercule & à

Museus; mais il est plus naturel de penser qu'elle vient de Babylone ou d'Egypte. La sphere d'Archimede, si fameuse dans l'antiquité, étoit un planetaire ou une machine propre à représenter aussi le mouvement des planetes dans un globe de verre.

Avant de parler des positions de la sphere, nous croyons devoir dire quelque chose de la lumiere crépusculaire, & de la réfraction des rayons à travers l'athmosphere. La réfraction fait que les rayons du soleil se plient en traversant l'air, de maniere à arriver vers nous plutôt qu'ils n'y seroient venus par la ligne droite; « cette réfraction est telle que quand le bord supérieur du soleil est véritablement à l'horizon, ensorte qu'il ne fasse que paroître, le disque entier étant encore sous l'horizon, la réfraction l'éleve assez, pour qu'il paroisse tout entier au dessus, c'est-à-dire, qu'alors son bord inférieur paroît toucher l'horizon, & l'effet de la réfraction égale à peu près la grandeur même du diametre solaire. Il faut 4 à 5 minutes dans nos climats, pour que le soleil s'éleve de

la quantité d'un demi-degré, enforte que la durée du jour artificiel, y est augmentée de plus d'un demi-quart d'heure, par cet effet de la réfraction ; elle devient beaucoup plus considérable en avançant vers les zones glaciales ; & sous le pole même on a, par le seul effet de la réfraction, environ 67 heures de jour, plus qu'on n'auroit sans elle (1). » La

(1) Les astres paroissent se lever plutôt & se coucher plus tard qu'ils ne le devroient s'il n'y avoit point de réfraction. Les réfractions sont inconstantes, & sujettes à toutes les variations de l'athmosphere : elles sont plus grandes quand l'air est plus humide, plus dense, plus froid ; & si l'on en excepte le voisinage de l'horizon ou des vapeurs, & d'autres causes accidentelles & locales, donnent aux rayons qui ont une direction presque horizontale, des inflexions irrégulieres ; la réfraction augmente d'un vingt-septieme de sa quantité moyenne, lorsque le mercure se leve d'un pouce dans le barometre, ou que la liqueur descend de 10 degrés dans un thermometre gradué selon les principes de M. Réaumur. La réfraction fait paroître le soleil ovale à son lever & à son coucher ; car étant plus grande au bord inférieur qu'au bord supérieur, elle fait paroître ces deux bords plus rapprochés, & par conséquent elle fait paroître le diametre vertical plus petit

lumiere crépusculaire augmente encore la durée du jour : cette lumiere douce & tranquille de l'aurore, qui augmente peu à peu le matin avant le lever du soleil, & qui diminue le soir dès que cet astre est couché, est produite par la dispersion des rayons dans la masse de l'air qui les réfléchit de toutes parts. Le crépuscule dure toute la nuit au mois de Juin à Paris, & dans les pays qui ont plus de 48 degrés 30 minutes de latitude;

---

que l'horizontal ; la même chose a lieu pour la lune. Les réfractions sont d'autant plus petites que l'astre est plus près du zénith; car au zénith elle est nulle, parce que les rayons lumineux entrent alors perpendiculairement dans l'athmosphere. Les Astronomes ont remarqué qu'à compter depuis 20 degrés au dessus de l'horizon, les réfractions sont entr'elles comme les tangentes des distances au zénith. La réfraction horizontale est en Europe, & même en Laponie de 32 minutes & demie ; elle n'est, selon les observations de M. Bouguer, que de 27 minutes au Pérou. La réfraction fait paroître les objets terrestres plus élevés qu'ils ne le sont. La lumiere du soleil en entrant dans l'athmosphere, se disperse ; & lorsque cet astre est à l'horizon, sa lumiere est environ quinze ou seize cens fois moindre que lorsqu'il est au zénith.

la durée du crépuscule au pole est de 7 semaines ; mais nous ferons abstraction de ces causes, en parlant des circonstances du jour artificiel dans les différentes positions de la sphere (1). Au reste, nous entendons

(1) On a remarqué que la lumiere crépusculaire commence le matin lorsque le soleil n'a plus qu'environ 18 degrés à monter pour parvenir à l'horizon, & qu'elle cesse le soir lorsqu'il est parvenu à 18 degrés au dessous ; ainsi, *il n'est pas nuit close pour un lieu de la terre, lorsque le soleil à minuit est moins de 18 degrés au dessous de l'horizon.* Cette lumiere fait qu'on n'apperçoit ordinairement Vénus, que quand le soleil est à 5 degrés au dessous de l'horizon ; quelquefois cependant, on voit cette planete en plein jour. On ne voit Mercure & Jupiter que quand le soleil est à 10 degrés au dessous de l'horizon ; & l'on ne distingue Mars, Saturne, & les étoiles les plus brillantes, que quand cet astre est à environ 11 ou 12 degrés au dessous du plan de l'horizon; cependant Sirius, l'étoile la plus belle du firmament, se voit en plein jour dans les pays méridionaux. A l'égard des étoiles les moins lumineuses, on ne les apperçoit à la vue simple, que quand le crépuscule est fini ; mais il est aisé de comprendre que sa durée dépend beaucoup de la pureté de l'air, qui n'est pas la même en différens temps, & en différens lieux de la terre.

par jour artificiel la durée du temps qui s'écoule depuis que le centre du ſoleil ſe trouve ſur le bord oriental de l'horizon, juſqu'à ce qu'il ſoit arrivé dans la partie occidentale du plan du même cercle.

16. La ſphere peut être *droite*, *oblique* ou *parallele*, ſelon que l'équateur eſt perpendiculaire à l'horizon, qu'il lui eſt oblique ou parallele. Ainſi ceux dont l'horizon eſt coupé perpendiculairement par l'équateur, ont la ſphere droite : tels ſont les habitans de Quito dans l'Amérique méridionale ; là les deux poles ſont toujours dans l'horizon *H O* (*fig.* 6) ; tous les cercles *P A* paralleles à l'équateur *E V*, (cercles dont on n'a repréſenté ici que le diametre), ſont coupés par l'horizon en deux parties égales, que le ſoleil parcourt chacune en 12 heures. C'eſt pourquoi les jours ſont égaux aux nuits pendant toute l'année. Le ſoleil paſſe deux fois l'année par le zénith, ſavoir, le 20 Mars, & le 23 Septembre, jours auxquels il décrit l'équateur ; car l'équateur paſſe toujours par le zénith des peuples qui habitent ſous

la ligne ; ils ont comme deux étés & deux printemps ; car on ne doit pas parler d'hiver dans des pays où le ſoleil lance ſes rayons preſque toujours perpendiculairement ou a très-peu près. On remarque néanmoins que la chaleur qui eſt extrême ſur les rivages de la mer & dans les fonds, ſe change en une température agréable lorſqu'on s'éleve à la hauteur de 1200 ou 1500 toiſes au deſſus du niveau de l'océan, tandis que ſur les montagnes fort élevées on éprouve, à la hauteur de 2500 toiſes ou au-delà, un froid inſupportable, accompagné d'une neige perpétuelle.

Dans la ſphere droite l'ombre diſparoît totalement à l'heure de midi, dans les deux jours des équinoxes ; parce que le ſoleil eſt alors au zénith. On a le ſoleil du côté du midi, & l'ombre du côté du nord, depuis le 23 Septembre juſqu'au 20 Mars : mais on a le ſoleil du côté du nord, & l'ombre du côté du midi pendant les ſix autres mois de l'année. On y voit le ſoleil & tous les aſtres s'élever perpendiculairement au deſſus de

l'horizon : toutes les étoiles montent au dessus de ce cercle dans l'espace de 24 heures, puisqu'en faisant leur révolution, elles sont 12 heures sur l'horizon, & 12 heures au dessous.

17. Les peuples qui habitent les pays situés entre l'équateur & les poles, ont la *sphere oblique*; parce que l'équateur coupe leur horizon obliquement, & sous un angle qui n'est pas droit. Les paralleles à l'équateur sont coupés en parties inégales par l'horizon; le jour n'est égal à la nuit que le 20 Mars & le 23 Septembre, jours des équinoxes; parce que le soleil décrit alors l'équateur, qui est toujours coupé en parties égales par l'horizon : dans les pays septentrionaux, on a les plus longs jours pendant que le soleil paroît dans les six premiers signes, le belier, le taureau, les gémeaux, l'écrevisse, le lion & la vierge; car alors sa déclinaison est boréale, & il décrit des paralleles comme *A B* (*fig.* 7), qui ont leur plus grande portion *A D* au dessus de l'horizon; mais il est évident qu'il est jour pendant

que le ſoleil décrit cette portion; & & qu'il eſt nuit pendant tout le temps que le ſoleil emploie à décrire la portion inférieure *B D* de ſon cercle diurne, ſituée au deſſus de l'horizon. Mais dans les pays méridionaux, ſitués au-delà de l'équateur, les plus longs jours arrivent quand le ſoleil eſt dans les ſix derniers ſignes, qui ſont les ſignes méridionaux, parce que les paralleles que décrit alors cet aſtre, ont leur plus grande portion ſituée au deſſus de l'horizon. En effet, l'axe du monde *P R* (*fig.* 8), paſſe par le centre de tous les paralleles, & ſa partie méridionale *C R* eſt élevée au deſſus de l'horizon *O H*, dans les pays méridionaux; de maniere que les paralleles que le ſoleil décrit, quand il eſt au-delà de l'équateur, ayant leur centre au deſſus de l'horizon, ont leurs arcs *diurnes* plus grands que leurs arcs *nocturnes*. Ainſi les jours y ſont plus longs que les nuits, quand le ſoleil eſt dans les ſignes méridionaux. Mais quand le ſoleil décrit quelque parallele *A B*, ſitué en-deçà de l'équateur du côté du pole nord *P*,

l'arc diurne *D A* étant plus petit que l'arc nocturne *B D*, la nuit sera plus grande que le jour. Mais dans ce cas l'arc diurne *D A* (*fig.* 7), étant plus grand que l'arc nocturne *B D*, pour les peuples situés en-deçà de l'équateur, ils auront des jours plus grands que les nuits. Ces mêmes peuples auront des jours plus petits que les nuits, lorsque le soleil décrira des paralleles *G L*, situés au-delà de l'équateur. Les arcs diurnes ou supérieurs des paralleles, sont d'autant plus grands par rapport à leurs arcs nocturnes, qu'ils approchent plus du pole élevé; ainsi le parallele dont le diametre est *b a*, a sa partie diurne *d a*, plus grande par rapport à sa partie nocturne *b d*, que le parallele *A B*, dont *D A*, *D B* sont les deux portions; parce que l'axe du monde *P C R*, qui passe par le centre de tous les paralleles, s'éloignant de plus en plus de l'horizon *H O*, le centre *x* du parallele *b a* est plus élevé que le centre *K* du parallele *A B*. Et delà il suit que l'arc diurne du tropique du cancer est le plus grand de tous les arcs

diurnes pour les pays ſeptentrionaux ; car le tropique du cancer eſt de tous les paralleles que décrit le ſoleil, celui qui eſt le plus près du pole arctique (1). Ainſi le jour le plus long de l'année, par rapport à nous, eſt celui où le ſoleil décrit le tropique du cancer ; mais la nuit la plus longue pour les régions boréales, eſt celle du ſolſtice d'hiver, lorſque le ſoleil décrit le tropique du capricorne ; parce qu'alors la partie nocturne du parallele qu'il décrit eſt la plus grande poſſible relativement à la partie diurne, par rapport aux peuples ſeptentrionaux. Le ſoleil monte de plus en plus ſur notre horizon depuis le 21 Décembre, jour du ſolſtice d'hiver, juſqu'au 21 Juin, jour du ſolſtice d'été : les jours croiſſent & les nuits diminuent, les arcs diurnes des paralleles devenant plus conſidérables. On appelle *ſignes aſcendans* ceux que le ſoleil parcourt alors, c'eſt-à-dire, le capricorne, le verſeau, les poiſſons, le belier, le

(1) Ce nom lui vient du voiſinage de l'ourſe, appellée *arctos* par les Grecs.

taureau & les gémeaux. Depuis le solstice d'été jusqu'à celui d'hiver, le soleil décrit les autres six signes qu'on appelle *descendans*, & nos jours décroissent continuellement. La hauteur méridienne du soleil diminuant alors de plus en plus, on comprendra facilement avec un peu d'attention, que deux pays situés à des latitudes égales, l'un en-deçà, l'autre au-delà de l'équateur, doivent avoir des saisons toujours opposées. L'automne de l'un est le printemps de l'autre : l'hiver du premier fait l'été du second; parce que les arcs diurnes du côté du pole arctique sont égaux aux arcs nocturnes du côté du pole antarctique, si l'on prend les mêmes jours. « Les pays situés sous le même parallele du même côté de l'équateur, ont la même durée du jour, la même saison, à quelle distance qu'ils soient les uns des autres, parce qu'ayant la même hauteur du pole, & l'axe du monde étant placé de la même façon sur l'horizon de chacun, tous les paralleles y sont coupés de la même maniere; ainsi l'Espagne & le Japon, Naples &

Pekin, qui ſont à la même latitude du côté du nord, ſont à la même température, ont les mêmes ſaiſons & la même durée du jour, dans le même temps de l'année, quoiqu'à 2000 lieues l'un de l'autre. La ſeule différence qu'il peut y avoir, vient des forêts, des montagnes & des rivieres, qui favoriſent ou contrarient l'effet de la chaleur du ſoleil ». On peut joindre à ces cauſes les exhalaiſons, les vapeurs qui s'élevent des terreins plus ou moins humides, plus ou moins chargés de minéraux, & d'autres cauſes, dont nous parlerons dans la ſuite.

18. Dans la ſphere parallele l'horizon eſt parallele à l'équateur, ou plutôt l'équateur ſert d'horizon : il n'y a ſur notre globe que deux points où cela ait lieu, ce ſont les deux poles. Dans cette poſition de la ſphere (*fig.* 9), on a le pole *P* à ſon zénith; & l'année y eſt compoſée d'un jour & d'une nuit, tous deux d'environ 6 mois (1). En effet, tant que

(1) Je dis d'environ 6 mois, parce que l'orbite annuelle que le ſoleil paroît décrire,

le soleil est dans les signes septentrionaux, le pole arctique est éclairé sans interruption; tous les paralleles que le soleil décrit depuis l'équateur jusqu'au tropique du cancer *M T*, sont au dessus de l'horizon, & lui sont paralleles; ensorte que le soleil fait chaque jour le tour du ciel, sans s'éloigner ni s'approcher sensiblement de l'horizon dans l'espace de 24 heures. Dès que cet astre, après l'équinoxe d'automne, passe dans les signes méridionaux, les paralleles qu'il décrit sont en entier sous l'horizon & dans l'hémisphere inférieur, l'on est dans l'obscurité jusqu'à l'équinoxe du printemps. Il est bon néanmoins de remarquer que le crépuscule commence environ 52 jours, avant que le soleil arrive à l'équateur, & paroisse sur l'horizon : ce crépuscule ne cesse aussi qu'environ

---

est allongée de maniere que cet astre est 8 jours de plus dans les signes septentrionaux, que dans les signes méridionaux. Ainsi, les peuples qui habiteroient le pole boréale, verroient le soleil 8 jours de plus que les habitans du pole austral; mais il y a apparence que les deux poles sont inhabités & inhabitables.

52 jours après l'équinoxe d'automne. Un habitant du pole verroit les ombres tourner autour de lui circulairement, il verroit certaines étoiles tourner ſans ceſſe au deſſus de l'horizon, ſans jamais ſe coucher; car l'équateur diviſe le ciel en deux parties égales, dont l'une ſeroit toujours viſible & l'autre inviſible pour un obſervateur ſitué au pole; de maniere que s'il étoit au pole nord, il verroit les étoiles qui ſont ſituées dans l'hémiſphere ſeptentrional; mais celles qui ſont dans l'hémiſphere méridional, ſeroient inviſibles pour lui, étant ſans ceſſe au deſſous de ſon horizon, qui ſe confond avec l'équateur.

19. Les ſaiſons & les climats dépendent de la poſition de la ſphere. Plus la ſphere eſt oblique, plus en général les ſaiſons deviennent inégales. Les rayons du ſoleil, qui ſont une des principales cauſes de la chaleur, n'ont jamais plus de force que lorſqu'ils nous arrivent perpendiculairement. Plus on augmente la latitude d'un lieu & l'obliquité de la ſphere, plus on diminue la hauteur du ſoleil dans l'équinoxe; plus ſes

rayons s'éloignent de la verticale ou de la ligne de notre zénith, & plus la chaleur diminue. Il est cependant bon de remarquer que la hauteur du soleil en été est plus grande que celle de l'équateur; mais en hiver il s'abaisse de la même quantité, & l'inégalité n'en devient que plus grande pour les saisons. Aussi l'on a vu au Sénégal, sur la côte d'Afrique, le thermometre divisé à la façon de M. de Réaumur, monter à plus de 38 degrés au dessus de la congellation. Mais à Paris il ne monte ordinairement qu'à 28 ou 29 degrés dans les plus grandes chaleurs. Dans la Siberie, il ne monte pas si haut pendant l'été; & pendant l'hiver il descend jusqu'à 30 degrés au dessous du terme de la glace, tandis qu'à Paris le plus grand froid de 1709 n'a pas été plus de 15 degrés ½ au dessous du terme de la congellation: le froid de 1776 étoit à peu près égal à celui de 1709. On éprouve des chaleurs brûlantes sur les côtes d'Afrique, parce que les sables s'échauffent plus facilement que les forêts & les terreins humides, & parce

qu'on y eſt preſque au niveau de la mer. Le Canada eſt plus froid que la France, parce que ce pays eſt couvert de bois, moins deſſéché, moins cultivé. Une des principales cauſes de la chaleur de l'été, eſt la durée du temps que le ſoleil paroît ſur l'horizon, & la direction de ſes rayons, qui approche plus d'être perpendiculaire au plan de notre horizon vers midi, & qui traverſe une moindre quantité d'air. L'éloignement & la proximité du ſoleil influe bien moins ſur la chaleur : car cet aſtre eſt moins éloigné de notre globe au mois de Décembre qu'au mois de Juin ; la différence peut aller à environ 370 fois le diametre de la terre, c'eſt-à-dire, à plus d'un million de lieues, ce qui n'empêche pas que nous n'ayions notre hiver dans le temps même où le ſoleil eſt plus près de nous.

20. Les Géographes diviſent toute la ſurface de la terre en *climats* : ils entendent par *climat* une partie de la ſurface terreſtre, c'eſt-à-dire, une *zone* ou une bande compriſe entre deux cercles paralleles à l'équateur ; on a

accoutumé de donner à cette zone, une largeur telle que le plus long jour sur le parallele qui est le plus près du pole, surpasse d'une demi-heure le plus long jour sur le parallele qui est le plus près de l'équateur ; c'est ainsi qu'on compte 24 climats, depuis l'équateur jusqu'à l'un & l'autre tropique ; mais depuis chaque tropique jusqu'au pole voisin, on compte six climats, qu'on appelle climats de mois. Ils son tels que le plus long jour sur le parallele le plus près du pole excede d'un mois le plus long jour sur le parallele le plus près de l'équateur. Voici deux Tables, dont la premiere contient l'élévation du pole, & la durée du plus long jour pour celui des 24 climats d'heure situés du côté du pole boréal; tandis que la seconde fait voir quelle est la latitude qui convient aux climats de mois.



CLIMATS.	Plus longs jours pour la fin du Climat.		Elévation du Pole pour la fin du Climat.	
	Heur.	Min.	Degr.	Min.
Premier.	12	30	8	25
Second.	13	0	16	25
Troiſieme.	13	30	23	50
Quatrieme.	14	0	30	20
Cinquieme.	14	30	36	28
Sixieme.	15	0	41	22
Septieme.	15	30	45	29
Huitieme.	16	0	49	1
Neuvieme.	16	30	51	58
Dixieme.	17	0	54	27
Onzieme.	17	30	56	37
Douzieme.	18	0	58	29
Treizieme.	18	30	59	58
Quatorzieme.	19	0	61	18
Quinzieme.	19	30	62	25
Seizieme.	20	0	63	22
Dix-ſeptieme.	20	30	64	6
Dix-huitieme.	21	0	64	49
Dix-neuvieme.	21	30	65	21
Vingtieme.	22	0	65	47
Vingt-unieme.	22	30	66	6
Vingt-deuxieme.	23	0	66	20
Vingt-troiſieme.	23	30	66	38
Vingt quatrieme.	24	0	66	30

Climats de Mois.	*Latitude.*		*Durée du plus long jour en Mois.*
	Degr.	Min.	
Premier.	67	30	1
Second.	69	30	2
Troiſieme.	73	20	3
Quatrieme.	78	20	4
Cinquieme.	84	0	5
Sixieme.	90	0	6

La connoiſſance des climats des mois eſt plus curieuſe qu'utile; mais il n'en eſt pas de même de celle des *cinq zones* ou bandes circulaires dans leſquelles les Géographes ont diviſé toute la ſurface de la terre. La *zone torride* comprend tous les pays ſitués entre les deux tropiques ; ſa largeur eſt de 47 degrés : Les *zones tempérées* s'étendent à 43 degrés de chaque tropique, en allant vers les poles ; l'une au nord du tropique du Cancer ; l'autre au midi du tropique du Capricorne; les peuples qui les habitent n'ont jamais le ſoleil à leur zénith, & ne le perdent jamais de vue pendant 24 heures de ſuite. Les régions ſi-

tuées à 66 degrés 30 minutes de latitude boréale, n'ont l'équateur élevé que 23 degrés 30 minutes; ainsi quand le soleil au solstice d'été décrit le tropique du Cancer, il est visible sur l'horizon pendant 24 heures; car ce parallele se trouve tout entier au dessus de leur horizon. Mais quand le soleil décrit le tropique du Capricorne, qui est tout entier au dessous de l'horizon de ces peuples, qu'il touche seulement en un point; il ne fait que paroître dans l'horizon même au moment du midi. Au delà de 66 degrés 30 minutes de latitude, en allant vers les poles, il y a des lieux où la durée du jour est égale à celle d'un de nos mois; il y en a où le jour dure deux mois, trois mois, quatre mois, cinq mois; & enfin au pole, la durée du jour est de six mois; mais aussi pendant l'hiver, on a des nuits qui ne sont pas moins longues. Les *cercles polaires* sont des paralleles placés à 66 degrés 30 minutes de l'équateur, & à 23 degrés 30 minutes des poles. Les *zones glaciales* sont comprises entre ces cercles & les poles. La *zone glaciale septen-*

trionale s'étend depuis le cercle polaire boréal, jusqu'au pole arctique; la *zone glaciale antarctique* s'étend depuis le cercle polaire méridional, jusqu'au pole antarctique. Ces 5 zones n'étoient pas inconnues aux anciens: Virgile & Ovide en ont parlé, l'un dans les Géorgiques, l'autre dans les Métamorphoses; mais ils pensoient que la zone torride & les zones glaciales étoient inhabitables (1). Deux régions de la terre, éloignées diamétralement l'une de l'autre, ou pla-

---

(1) *Quinque tenent cælum zonæ; quarum una corusco*
Semper sole rubens, & torrida semper ab igne;
Quam circùm extremæ dextrâ lævâque trahuntur;
Cæruleâ glacie concretæ, atque imbribus atris;
Has inter mediamque, duæ mortalibus ægris
Munere concessæ divum, & via secta per ambas;
Obliquus quâ se signorum verteret ordo.

Georg. I.

Utque duæ dextrâ cælum, totidemque sinistrâ
Parte secant zonæ; quinta est ardentior illis:
Sic onus inclusum numero distinxit eodem
Cura Dei, totidemque plagæ tellure premuntur;
Quarum quæ media est, non est habitabilis æstu:
Nix tegit alta duas: totidem inter utramque locavit;
Temperiemque dedit, mixta cum frigore flamma.

Metam. I.

cées aux deux extrêmités d'une ligne qui passeroit par le centre de notre globe, sont *antipodes* l'une de l'autre : ainsi la ville de Siam dans les Indes, est à peu près antipode de la ville de Lima au Pérou : Buenos-Aires en Amérique est antipode de Pekin. Paris a ses antipodes dans la mer du Sud ; l'Espagne a ses antipodes dans la Nouvelle Zelande : c'est une contrée que l'on connoissoit fort peu avant le voyage autour du Monde de MM. de Bougainville, Banks & Solander, & Cook. Les antipodes ont le même plan pour horizon; mais l'un voit une des faces du plan, & l'autre la face opposée ; de maniere qu'un astre s'éleve pour l'un quand il se couche pour l'autre ; l'un a le jour lorsque l'autre a la nuit ; l'un éprouve la rigueur de l'hiver, lorsque l'autre est exposé aux chaleurs de l'été. Si l'on perçoit la terre dans l'un de ses diametres, *B D* (*fig.* 10), un spectateur placé en *B*, & dont les pieds sont opposés à ceux du spectateur situé en *D*, tomberoit vers le centre *C* de la terre, tandis que le spectateur placé en *D* parviendroit aussi en *C* par l'ac-

tion de la force attractive de notre globe. Les ignorans ont de la peine à comprendre comment les hommes placés en *D* peuvent se tenir sur la terre sans tomber vers le Ciel, ne faisant pas attention qu'un corps placé en *F* sur la ligne *AF*, tend vers le centre *C* de la terre, par la même raison qu'un corps placé en *A*; de maniere que deux corps qui s'approchent de la terre tombent & descendent l'un & l'autre, quoiqu'ils aillent en deux sens opposés; mais un corps placé en *D* monteroit, s'il s'éloignoit du centre *C* de la terre, en suivant la ligne *D F*.

21. Il est bon d'avoir devant les yeux un globe terrestre artificiel dans lequel soient représentés la terre, les villes, les contrées & les mers. On remarquera facilement que la position d'une ville est déterminée par sa longitude & sa latitude. Ainsi, en supposant que la longitude de Paris est de 20 degrés, & sa latitude de 49 degrés, on cherchera sur le globe le demi-méridien qui passe par le 20e degré de l'équateur, à compter du premier méridien, en allant d'occident en orient,

& en prenant le parallele qui passe à 49 degrés de l'équateur, du côté du pole arctique; car l'interception de ce parallele avec le méridien, ou plutôt le demi-méridien dont nous venons de parler, donnera la position de Paris; on s'y prendra de même pour placer un autre lieu quelconque, dont on connoîtra soit la longitude, soit la latitude. La Mappemonde n'est autre chose que le développement de la surface du globe; les deux hémispheres y sont représentés avec l'équateur ou la li-ligne équinoxiale, (qu'on doit concevoir comme un cercle, quoiqu'elle ait l'apparence d'une ligne droite; c'est sur cette ligne qu'on compte les degrés de longitude. Le point *A* d'où l'on part (*fig.* 11), est sur le premier méridien, & l'on va de la gauche à la droite, de maniere que la partie *A ſ B* représente un demi-cercle, & la partie *b t A* l'autre moitié de l'équateur; on y voit les méridiens qui vont se réunir aux deux poles; les degrés de latitude sont représentés de part & d'autre de la ligne équinoxia-

tion de la force attractive de notre globe. Les ignorans ont de la peine à comprendre comment les hommes placés en *D* peuvent se tenir sur la terre sans tomber vers le Ciel, ne faisant pas attention qu'un corps placé en *F* sur la ligne *AF*, tend vers le centre *C* de la terre, par la même raison qu'un corps placé en *A*; de maniere que deux corps qui s'approchent de la terre tombent & descendent l'un & l'autre, quoiqu'ils aillent en deux sens opposés ; mais un corps placé en *D* monteroit, s'il s'éloignoit du centre *C* de la terre, en suivant la ligne *D F*.

21. Il est bon d'avoir devant les yeux un globe terrestre artificiel dans lequel soient représentés la terre, les villes, les contrées & les mers. On remarquera facilement que la position d'une ville est déterminée par sa longitude & sa latitude. Ainsi, en supposant que la longitude de Paris est de 20 degrés, & sa latitude de 49 degrés, on cherchera sur le globe le demi-méridien qui passe par le 20e degré de l'équateur, à compter du premier méridien, en allant d'occident en orient,

& en prenant le parallele qui paſſe à 49 degrés de l'équateur, du côté du pole arctique; car l'interception de ce parallele avec le méridien, ou plutôt le demi-méridien dont nous venons de parler, donnera la poſition de Paris; on s'y prendra de même pour placer un autre lieu quelconque, dont on connoîtra ſoit la longitude, ſoit la latitude. La Mappemonde n'eſt autre choſe que le développement de la ſurface du globe; les deux hémiſpheres y ſont repréſentés avec l'équateur ou la ligne équinoxiale, (qu'on doit concevoir comme un cercle, quoiqu'elle ait l'apparence d'une ligne droite; c'eſt ſur cette ligne qu'on compte les degrés de longitude. Le point *A* d'où l'on part (*fig.* 11), eſt ſur le premier méridien, & l'on va de la gauche à la droite, de maniere que la partie *A ſ B* repréſente un demi-cercle, & la partie *b t A* l'autre moitié de l'équateur; on y voit les méridiens qui vont ſe réunir aux deux poles; les degrés de latitude ſont repréſentés de part & d'autre de la ligne équinoxia-

le, ſur le méridien extérieur; on y diſtingue facilement l'écliptique *b n A r B*, les cercles polaires, ou plutôt les demi-cercles polaires *M m*, & les demi-tropiques *P p*. Il eſt facile de concevoir la poſition des cinq zones; ſavoir, de la zone torride, des deux zones tempérées & des deux zones glaciales (1); mais

(1) Les globes tournent ſur une ligne qu'on doit conſidérer comme l'axe de la terre. Les extrêmités de cette ligne entrent dans un cercle qui repréſente un méridien qu'on regarde comme fixe, & ſous lequel paſſent tous les lieux de la terre pendant que le globe fait une révolution ſur ſon axe; car nous verrons dans la ſuite que la terre tourne effectivement ſur ſon axe dans l'eſpace de 24 heures : ce mouvement ſe fait d'occident en orient. Le grand méridien entre dans deux entailles faites à l'horizon, qui eſt une couronne circulaire aſſez large dont la ſurface eſt diviſée en trois bandes. On voit ſur l'intérieure les figures des ſignes du Zodiaque, avec leurs noms & les chiffres de leurs degrés : celle du milieu contient les noms des mois & les chiffres des jours qu'ils ont; enfin, l'on voit dans l'extérieure les noms des 4 points cardinaux & des principaux vents. Nous parlerons dans la ſuite de cet ouvrage de l'origine & des cauſes des vents.

ces choses ont plus de rapport avec la Géographie qu'avec l'Astronomie.

Les Astronomes font usage d'un globe céleste, sur lequel sont tracées

---

Si l'on met Paris sous le grand méridien, & qu'on éleve le pole nord du globe de 48 degrés 51 minutes au dessus de l'horizon, ce qui est la hauteur du pole à Paris; dans ce cas, le globe sera monté horizontalement pour Paris, & l'horizon du globe représentera celui de Paris.

On attache ordinairement un petit cercle qu'on nomme cercle *horaire* sur le grand méridien des globes au pole septentrional. « Ce cercle est divisé en 24 heures : le chiffre XII, qui est en bas, marque midi, & celui qui est en haut marque minuit : depuis midi jusq'uà minuit, les heures se comptent dans le demi-cercle qui est vers l'orient; depuis minuit jusqu'à midi, elles se comptent sur le demi-cercle qui est vers l'occident. L'aiguille de ce cercle horaire est attachée à l'axe du globe : ainsi le globe ne tourne point qu'elle n'en suive le mouvement ».

Pour trouver la longitude & la latitude d'un lieu par le moyen du globe, il faut tourner le globe jusqu'à ce que le lieu donné soit sous le grand méridien. On compte ensuite sur ce cercle, combien il y a de degrés depuis l'équateur jusqu'au point qui répond directement à ce lieu; ce nombre de degrés sera sa latitude : le degré de l'é-

toutes les constellations. Ces mêmes constellations sont aussi tracées sur des planisphères célestes ; & il est bon de se procurer ces especes de

---

quateur, qui se trouvera sous le grand méridien, fera connoître sa longitude, qui se compte sur l'équateur depuis le premier méridien en allant vers l'orient.

Pour trouver le lieu du soleil dans le zodiaque en un jour donné, comme, par exemple, le 18 Août, cherchez ce jour sur l'horizon au cercle des mois ; & vous trouverez vis-à-vis, dans le cercle des signes le 25e degré du lion. Si vous cherchez ce degré sur le zodiaque du globe, ce sera le lieu du soleil le 18 Août ; ainsi, cet astre est dans le degré du zodiaque céleste indiqué par celui qu'on aura trouvé dans le zodiaque du globe. Voulez-vous connoître la déclinaison du soleil pour un jour donné, comme le 5 de Mars, par exemple, cherchez le lieu de cet astre dans le zodiaque pour ce jour-là ; vous trouverez qu'il est au 15e degré des poissons : en mettant ce degré sous le grand méridien, vous verrez qu'il y a six degrés depuis l'équateur jusqu'au degré du grand méridien, qui répond au 15e des poissons : de maniere que la déclinaison du soleil sera de 6 degrés vers le pole antarctique, & sera méridionale. Voulez-vous connoître quelle heure il est en un lieu donné, par exemple, à Vienne en Autriche, lorsqu'il est midi à Paris ? Placez Paris

Cartes, quand on veut faire quelques progrès dans l'Aſtronomie. Les Grecs n'avoient formé que 48 conſtellations qui comprenoient 1022 étoiles ; &

ſous le grand méridien, & l'aiguille du cercle horaire ſur midi : faites enſuite tourner le globe juſqu'à ce que Vienne ſoit ſous le grand méridien ; l'aiguille marquera une heure après midi ; c'eſt l'heure qu'il eſt à Vienne, lorſqu'il eſt midi à Paris. Si l'on veut ſavoir qu'elle heure il eſt à Paris, lorſqu'il eſt midi à Vienne, on fera à l'égard de Vienne ce qu'on a fait pour Paris ; & l'on trouvera que l'aiguille marque onze heures du matin : ainſi, il eſt onze heures à Paris quand il eſt midi à Vienne. La raiſon en eſt que, Vienne étant à l'orient de Paris de 15 degrés, le ſoleil paſſe ſur ſon méridien une heure plutôt que ſur celui de Paris.

Connoiſſant l'heure qu'il eſt dans un lieu donné, tel que Paris, par exemple, on peut connoître l'heure qu'il eſt dans un autre lieu donné, en s'y prenant de la maniere ſuivante : ſuppoſons qu'il ſoit 10 dix heures du matin à Paris, vous mettrez cette Ville ſous le grand méridien, & l'aiguille du cercle horaire ſur 10 heures du matin ; faiſant enſuite tourner le globe juſqu'à ce que le lieu donné ſoit ſous le grand méridien, l'aiguille marquera l'heure qu'il eſt dans ce lieu, & dans tous ceux qui ſont ſous le grand méridien. Si l'on fait tourner le globe vers l'orient, l'on trouvera que, quand il

il paroît que leur dénomination remonte à environ 1200 ans avant Jeſus-Chriſt, à l'exception peut-être des noms des 12 ſignes du Zodiaque,

---

eſt 10 heures du matin à Paris, il n'eſt que 9 heures $\frac{1}{4}$ à Liſbone, 5 heures $\frac{1}{4}$ du matin à Quebec, & 2 heures $\frac{1}{2}$ à Compoſtelle dans le Mexique. En tournant le globe vers l'occident, on verra que quand il eſt 10 heures du matin à Paris, il eſt midi paſſé à Conſtantinople, 4 heures $\frac{1}{2}$ à Siam, 2 heures $\frac{1}{4}$ à Iſpaham dans la Perſe, & 7 heures à Méaco dans le Japon.

Pour trouver les antipodes d'un lieu, par exemple, de Paris, on mettra cette Ville ſous le grand méridien du globe, & l'on comptera le nombre de degrés du grand méridien, entre Paris & le pole arctique, vers lequel cette Ville eſt ſituée : le lieu qui, ſous la moitié inférieure du grand méridien, ſera à égale diſtance de l'autre pole, ſera les antipodes de Paris.

Concevons dans la ſphere droite le demi-tropique du cancer placé au deſſus de l'horizon, diviſé en 48 parties égales : diviſons de même la moitié du même tropique, ſitué au deſſous de l'horizon ; il eſt viſible que deux de ces parties priſes enſemble, répondront à une demi-heure, puiſque le ſoleil parcourt ce cercle dans 24 heures. Cela poſé, il eſt viſible que ſi l'on éleve le pole de maniere que deux des parties du demi-tropique inférieur montent ſur l'horizon, l'on

qui

qui paroissent avoir une origine Egyptienne, & peuvent être plus anciens. Les Astronomes modernes ont ajouté plusieurs constellations

---

aura la hauteur du pole qui répond au premier climat, à la fin duquel le plus grand jour est de 12 heures 30 minutes : si l'on éleve encore davantage le pole, afin que deux autres parties du même demi-cercle, l'une à droite & l'autre à gauche, montent sur l'horizon, on aura l'élévation du pole qui convient au second climat ; ainsi de suite : mais parce que dans ces différentes opérations, le tropique coupe l'horizon plus ou moins obliquement, il est visible que la hauteur du pole n'augmente pas, proportionnellement au nombre des climats d'heures, qui sont beaucoup plus grands du côté de l'équateur, que du côté des poles.

On peut aussi trouver les climats des mois par le moyen du globe ; en effet, si l'on éleve successivement le pole nord, de maniere que sa hauteur aille croissant depuis 66 degrés 30 minutes, jusqu'à 90 degrés, & que tenant un crayon dans l'horizon au coin du nord, on fasse tourner le globe sur son axe ; ce crayon tracera sur le globe un parallele à l'équateur qui coupera l'écliptique en deux points, & y marquera deux parties ou deux segmens, dont le plus petit indiquera l'arc de l'écliptique décrit par le soleil pendant tout le temps que cet astre sera censé couché, ou sans descendre au dessous de l'horizon

aux anciennes ; & M. de la Caille, après avoir dressé son grand Catalogue des étoiles australes en 1751, a formé 14 nouvelles Constellations qu'on ne trouve point dans le Catalogue de Flamstéed.

On voit dans la Table suivante le nom de toutes les Constellations tant anciennes que modernes, qu'on représente sur le globe céleste ; elles sont au nombre de 100.

---

du lieu donné ; en effet, la plus petite partie de l'écliptique, dont nous venons de parler, répond à des paralleles qui sont tous placés au dessus de l'horizon du lieu pour lequel on a fait l'opération : c'est pourquoi, si cette partie de l'écliptique est de 30 degrés ; comme le soleil parcourt environ un degré par jour, l'on aura l'élévation du pole qui convient au premier climat de mois ; si cette partie est de 60 degrés, l'on aura celle qui convient à la fin du second climat de mois, &c. C'est ainsi qu'on peut former la table des climats ; mais ces questions ont plus de rapport avec la Géographie, qu'avec l'Astronomie.

Les 12 Conſtellations du Zodiaque, avec les Caracteres qui les repréſentent.

Le Belier,	♈
Le Taureau,	♉
Les Gémeaux,	♊
L'Ecreviſſe,	♋
Le Lion,	♌
La Vierge,	♍
La Balance,	♎
Le Scorpion,	♏
Le Sagitaire,	♐
Le Capricorne,	♑
Le Verſeau,	♒
Les Poiſſons,	♓

Les 23 Conſtellations Boréales des anciens.

La grande Ourſe.
La petite Ourſe.
Le Dragon.
Céphée.
Caſſiopée.
Andromede.
Perſée.
Pégaſe.
Le petit Cheval.
Le Triangle Boréal.
Le Cocher.
La Chevelure de Bérénice.
Le Bouvier.
La Couronne Boréale.
Le Serpentaire, ou Ophiucus.
Le Serpent.
Hercule.
L'Aigle.
Antinoüs.
La Fleche.
La Lyre.
Le Cygne.
Le Dauphin.

Les 15 Conſtellations Auſtrales des anciens.

Orion.
La Baleine.
L'Eridan.
Le Lievre.
Le grand Chien.
Le petit Chien.
L'Hydre femelle.
La Coupe.
Le Corbeau.
Le Centaure.
Le Loup.
L'Autel.
Le Poiſſon auſtral.
Le Navire.
La Couronne auſtrale.

Les 22 Conſtellations ajoutées par Hevelius, Anthelme, Halley, &c.

La Giraffe, ou Caméléopard.
Le Fleuve du Jourdain.
Le Fleuve du Tygre.
Le Sceptre & la Fleur de Lys.
La Colombe.
La Licorne ou Monocéros.
La Croix.
Le Sextant d'Uranie.
Le Rhomboïde.
Les Chiens de chaſſe.
Le petit Lion.
Le Linx.
Le Renard.
L'Oie.
L'Ecu de Sobieski.
Le petit Triangle.
Cerbere.
Le Rameau.
Le Lézard.
Le Mont-Ménale.
Le Cœur de Charles II.
Le Chêne de Charles II.

Les 14 Conſtellations Auſtrales de Theodori Bayer.

L'Indien.
La Grue.
Le Phénix.
L'Abeille ou la Mouche.
Le Triangle auſtral.
L'Oiſeau de Paradis.
Le Paon.
Le Toucan.
L'Hydre mâle.
La Dorade.
Le Poiſſon volant.
Le Caméléon.
Le grand Nuage.
Le petit Nuage.

Les 14 Conſtellations de M. de la Caille.

L'Attelier du Sculpteur.
Le Fourneau de Chymie.
L'Horloge Aſtronomique.
Le Réticule Rhomboïde.
Le Burin du Graveur.
Le Chevalet du Peintre.

La Bouſſole.	L'Equerre & la Regle.
La Machine Pneumatique.	Le Téleſcope.
L'Octans de réflexion.	Le Microſcope.
Le Compas.	La Montagne de la Table.

Parmi les étoiles qui compoſent ces 100 conſtellations, on en diſtingue de pluſieurs grandeurs, du moins apparentes; premiere, ſeconde, troiſieme, quatrieme, cinquieme, ſixieme, ſeptieme; mais on ne peut apercevoir les étoiles de la ſeptieme grandeur, ſans le ſecours des lunettes d'approche. On compte ordinairement 14 étoiles de la premiere grandeur; *Sirius*, ou la gueule du grand chien, l'épaule d'*Orion*, *Rigel*, ou le pied d'Orion, *Aldebaran*, ou l'œil du taureau; la *Lyre*, la *Chêvre*, *Arcturus*, *Antarès* ou le cœur du Scorpion, *Regulus* ou le cœur du lion, l'*Epi de la Vierge*, *Procyon*, *Fomahant*, *Canopus* & *Acharnar*; mais nous ne voyons jamais ces deux dernieres en Europe. Le *cœur de l'Hydre*, la *queue du Lion*, & la *queue du Cigne*, ſont des étoiles très-brillantes, que pluſieurs Aſtronomes comptent au

rang de celles de la premiere grandeur. On peut facilement, avec un globe ou des cartes céleſtes, comme celles de Senex, d'Hévelius, de Pardies, ou les deux hémiſpheres de Robert Vaugondi, s'aligner de proche en proche, en partant de la grande Ourſe, & connoître les différentes conſtellations par leur figure, leur ſituation & leurs noms.

L'hiſtoire parle de pluſieurs étoiles remarquables qui ont paru & diſparu enſuite totalement; il y en a d'autres qui paroiſſent aujourd'hui, quoiqu'elles n'aient pas été décrites par les anciens. Homere, Attalus & Geminus ne comptoient que ſix pléïades; mais Simonide, Varron, Pline, *Aratus*, Hipparque, Ptolomée, les mettent au nombre de ſept; & l'on prétendit que la ſeptieme avoit diſparu avant la deſtruction de Troye, ou du temps d'Ogisès. Mais peut-être cette différence eſt venue de la difficulté de les diſtinguer & de les compter à la vue ſimple. L'hiſtoire raconte plus précisément des aparitions d'étoiles nouvelles au temps d'Hipparque, & ſous le regne de l'Empereur Adrien.

Fortunio Liceti, dans ſon Traité *de Novis Aſtris*, rapporte que Cuſpinianus obſerva une étoile nouvelle l'an 389, près de l'Aigle ; qu'elle parut auſſi brillante que Vénus pendant trois ſemaines. La nouvelle étoile de 1572 eſt très-fameuſe : on la vit au commencement de Novembre fort éclatante, comme ſi elle ſe fût formée tout-à-coup avec tout ſon éclat, qui ſurpaſſoit celui de Sirius, la plus brillante des étoiles. Dès le mois de Décembre de la même année, elle commença à diminuer jusqu'au mois de Mars 1574, qu'on la perdit entierement de vue. Le 10 Octobre 1604, on vit dans le ſerpentaire une nouvelle étoile preſque auſſi brillante que celle de 1572. On a obſervé dans le Cygne, trois étoiles changeantes. MM. Caſſini & Maraldi ont trouvé la période du plus grand éclat de la plus brillante de 405 jours. Cet aſtre a été dans ſon plus grand éclat le 27 Août 1776. Elle y ſera le 7 Octobre 1777. On doit obſerver, dit M. de la Lande, que ces retours ſont ſujets à des inégalités phyſiques.

Riccioli penſoit que peut être il y a des étoiles qui ne ſont pas lumineuſes dans toute leur étendue, & dont la partie obſcure peut ſe tourner vers nous plus ou moins, par l'effet de la rotation de l'étoile ſur un axe. M. de Maupertuis conſidéra les étoiles changeantes, comme des ſphéroïdes fort applatis en forme de lentille. Lorſqu'un tel aſtre nous préſentera ſon tranchant, nous ne pourrons l'appercevoir; mais nous le verrons d'autant plus ou moins brillant, qu'il nous préſentera une plus grande ou une plus petite partie de ſon diſque. Mais par quelle cauſe phyſique l'étoile nous préſentera tantôt une plus grande, tantôt une plus petite portion de ſon diſque? C'eſt ce qu'il eſt fort difficile d'expliquer. On peut dire néanmoins que ſi quelque groſſe planete tournoit autour de l'étoile dans une orbite allongée, dont le plan ſeroit incliné à celui de l'équateur de l'étoile, cette planete, en s'approchant de l'étoile, pourra par ſon attraction, agir plus puiſſamment ſur une partie de ſon diſque que ſur l'autre, & changer ainſi l'inclinaiſon du plan de

cette étoile. Un autre Philoſophe conjecture que les étoiles tournent ſur un axe ; que quelques-unes ont une moitié obſcure & l'autre moitié lumineuſe ; de maniere qu'elles nous préſentent alternativement la partie obſcure & la partie lumineuſe. Tout le monde connoît la *voie lactée*, ou cette blancheur irréguliere qui ſemble faire le tour du Ciel en forme de ceinture : on l'a appellée *Chemin de Saint Jacques*, *Cercle de Junon*, &c. Démocrite & Manilius ont penſé que la blancheur de cette bande céleſte étoit produite par un grand nombre d'étoiles trop petites pour être apperçues diſtinctement. Il faut convenir néanmoins que cette opinion ne doit pas être miſe au rang des vérités démontrées ; car on voit avec le téleſcope des étoiles dans toutes les parties du Ciel, à peu près comme dans la voie lactée. On remarque auſſi dans d'autres parties du Ciel, des petites blancheurs, qu'on prendroit à la vue ſimple pour des étoiles peu brillantes ; mais qui dans le téleſcocope paroiſſent comme une blan-

cheur large & irréguliere, dans laquelle on n'apperçoit point d'étoiles, ou des espaces mêlées de cette blancheur & de petites étoiles; c'est-là ce qu'on appelle proprement des *étoiles nébuleuses*; & il y en a quelques-unes, qui dans les lunettes ne paroissent que des amas de petites étoiles. La premiere *nébuleuse* qu'on découvrit, après l'invention des lunettes d'aproche, fut celle d'Andromede, que Simon Marius vit en 1612: on la voit à la vue simple comme un nuage; mais dans la lunette elle paroissoit composée de trois rayons blancs pâles, qui étoient plus brillans en approchant du centre: elle occupe environ un quart de degré; & M. le Gentil prétend qu'elle change de forme. La *nébuleuse d'Orion* est la plus remarquable de toutes; elle fut découverte par M. Huygens en 1656; sa figure est irréguliere; sa blancheur paroît vive dans la lunette, & l'on y distingue sept petites étoiles dans une clarté pâle & uniforme. Il y a encore plusieurs autres nèbuleuses: celles d'Antinoüs, du Centaure,

d'Hercule, du Sagittaire, &c.; & M. l'Abbé de la Caille en a observé 42 au Cap de Bonne-Espérance.

Il ne faut pas confondre ces étoiles nébuleuses avec la lumiere zodiacale qui est une clarté ou une blancheur souvent très-semblable à celle de la voie lactée. Elle se fait remarquer après le coucher du soleil, sur-tout au commencement de Mars, en forme de pyramide ou de fuseau dont le soleil est la base; elle a, dit-on, plus de 100 degrés de longueur, & l'on croit que cette lumiere n'est que l'athmosphere solaire. On doit encore distinguer les étoiles nébuleuses des aurores boréales que M. de Mairan croit être produites par la lumiere zodiacale ou par l'athmosphere du soleil, qui venant à rencontrer les parties supérieures de notre athmosphere, laisse échapper quelques parties lumineuses qui tombent dans l'air, & s'approchent plus ou moins de notre globe, selon que leur pesanteur spécifique est plus ou moins grande. Mais bien des gens pensent que les aurores boréales ont plus de rapport avec les phénomenes

électriques dont nous parlerons dans la suite ; elles font varier sensiblement la direction de l'aiguille aimantée, elles électrisent, dit-on, des pointes isolées, placées dans de grands tubes de verre ; on prétend même avoir entendu dans les aurores boréales des pétillemens semblables à certains sons électriques. Un Savant moderne ne seroit pas éloigné de penser que la matiere électrique se porte vers le septentrion, & sort par les poles de la terre vers les parties sur-tout où il y a le plus de minéraux; mais ce n'est pas ici le lieu d'approfondir cette question.

SYSTÊME DU MONDE.

22. Le *systême du monde* n'est autre chose qu'une hypothese dans laquelle on rend raison des mouvemens des corps célestes & des différens phénomenes qu'on observe dans le ciel. Il comprend donc les planetes principales, les satellites de ces planetes, c'est-à-dire, les planetes du second ordre qui tournent autour de quelques-unes des premieres, comme la

lune qui fait ſa révolution autour de la terre, & enfin les cometes, qui ſont des aſtres que nous ne voyons que par intervalles. Pythagore & quelques-uns de ſes diſciples ſuppoſerent d'abord la terre immobile au centre du monde, comme chacun eſt porté à le croire, avant d'avoir diſcuté les preuves du contraire ; il eſt vrai que dans la ſuite pluſieurs diſciples de Pythagore s'écarterent de ce ſentiment, firent de la terre une planete, & placerent le ſoleil immobile au centre du monde. Mais Platon fit revivre le ſyſtême de l'immobilité de la terre; Eudoxe, Calippus, Ariſtote, Archimede, Hipparque, Soſigenés, Ciceron, Vitruve, Pline, Macrobe & Ptolomée ſuivirent ce ſentiment: (*Riccioli almageſtum*, tom. II, p. 276, 279). Ptolomée, qui écrivit vers les premieres années de l'Empereur Antonin, a donné ſon nom à ce ſyſtême. Cet Aſtronome place la terre immobile au centre du monde, & les autres planetes autour d'elle dans l'ordre ſuivant: la Lune, Mercure, Venus, le Soleil, Mars, Jupiter & Saturne, comme on peut le voir dans la *figure* 12.

Mais les Aſtronomes ſe ſont apperçus depuis long-temps que la terre n'eſt pas le centre de toutes les planetes, & que les orbites de Venus & de Mercure n'environnent point notre globe, mais ſeulement le ſoleil, que Martianus Capella, qu'on croit avoir vécu dans le 5e ſiecle, plaçoit au centre de leurs orbites qu'on regardoit comme circulaires. Dans le ſyſtême des Egyptiens repréſenté par la *figure* 13, la terre occupe le centre du monde : elle eſt environnée par les orbites de la lune & du ſoleil; cet aſtre, en décrivant ſon orbite, eſt environné & accompagné des orbites de mercure & de venus. On remarque au deſſus du ſoleil les orbites des trois autres planetes placées comme dans le ſyſtême de Ptolomée.

Nicetas de Syracuſe, au rapport de Theophraſte, cité par Ciceron, avoit penſé que le ciel, le ſoleil, la lune, les étoiles ne tournoient point chaque jour autour de la terre; mais que la terre ſeule tournant ſur ſon axe avec une grande vîteſſe, faiſoit paroître tout le reſte en mouvement. Philolaüs, le *Pythagoricien*, attribuoit

à la terre un mouvement annuel autour du ſoleil dans un cercle oblique tel que celui qu'on donnoit au ſoleil. Heraclide & les autres *Pithagoriciens* aſſuroient que chaque étoile eſt un monde qui a comme le nôtre une terre & une athmoſphere : Ariſtote prétend que les Philoſophes d'Italie appellés *Pythagoriciens*, mettoient la terre au nombre des planetes qui tournoient autour du ſoleil comme leur centre commun.

Copernic inſtruit des opinions des anciens, ſe détermina, après des méditations profondes, à admettre le mouvement diurne ou le mouvement de rotation de la terre ſur ſon axe ; ce ſimple mouvement retranchoit de l'aſtronomie des centaines de mouvemens pour chaque jour ; la ſimplicité de ce ſyſtême le rend vraiſemblable, & forme une preuve très-forte pour tout homme qui ſait s'affranchir des préjugés de ſon enfance. En effet, quand on conſidere cette multitude innombrable d'étoiles qui ſont toutes à des diſtances prodigieuſes de notre globe, les planetes qui ont toutes des mouvemens contraires au *mou-*

vement journalier d'orient en occident, quand on fait attention à la petiteſſe de la terre ; on a bien de la peine à concevoir que tout cela puiſſe tourner à la fois d'un mouvement commun, régulier & conſtant en 24 heures de temps, autour d'un atome tel que notre globe. Le mouvement diurne de tous les aſtres en 24 heures, autour de la terre, eſt une choſe peu vraiſemblable ; en effet, toutes les planetes qui ſont à des diſtances ſi différentes, & dont les mouvemens propres ſont ſi différens les uns des autres, toutes les cometes qui ſemblent n'avoir preſqu'aucune reſſemblance avec les autres corps céleſtes ; toutes les étoiles fixes que les lunettes nous font voir par millions dans toutes les parties du ciel ; tous ces corps, dis-je, qui n'ont aucun rapport les uns avec les autres, qui different tout autant que le ciel & la terre, qui ſont indépendans l'un de l'autre & à des diſtances que l'imagination a peine à concevoir, ſe réuniroient donc pour tourner chaque jour tous enſemble & comme tout d'une piece, autour d'un axe ou eſſieu,

lequel même change de place. Cette égalité dans le mouvement de tant de corps, ſi inégaux d'ailleurs à tous égards, devoit ſeule indiquer aux Philoſophes qu'il n'y avoit rien de réel dans ce mouvement diurne ; & quand on y réfléchit, elle prouve la rotation de la terre d'une maniere qui ne laiſſe point de ſoupçon, & à laquelle il n'y a point de replique. D'autre côté, l'on découvre, au moyen des lunettes, que le ſoleil & Jupiter tournent ſur un àxe ; pourquoi donc révoquer en doute la rotation de la terre, qui eſt bien moins groſſe que le ſoleil ?

Si les choſes ſont ainſi, nous dira-t'on peut-être, les oiſeaux dans les airs verroient la terre fuir ſous leurs pieds, ils verroient leurs nids entraînés par le mouvement diurne de la terre vers l'orient (1) ; car dans

(1) Buchanan a très-bien rendu cette objection dans les vers ſuivans :

Ipſæ etiam volucres tranantes aëra leni
Remigio alarum, celeri vertigine terræ
Abreptas gemerent ſylvas, nidoſque tenellâ
Cum ſobole, & charâ forſan cum conjuge ; nec ſe
Auderet zephiro ſolus committere turtur.

Spheræ, lib. 1.

le ſyſtême de Copernic, notre globe tourne ſur ſon axe d'occident en orient dans l'eſpace de 24 heures. Ceux qui feroient cette objection, prouveroient qu'ils ignorent les loix de la Méchanique, ſelon leſquelles les corps terreſtres & l'athmoſphere qui nous environne, & qui depuis tant de ſiecles tient à notre terre, doivent tourner avec elle d'un mouvement commun; notre globe tourne avec tout ce qui lui appartient, & tout ſe paſſe ſur la terre mobile, à peu près comme ſi elle étoit en repos.

Un boulet de canon qu'on lanceroit perpendiculairement vers le zénith, retomberoit, diſent communément les Phyſiciens, dans la bouche du canon; parce qu'il s'avanceroit en l'air vers l'orient par le mouvement commun qu'il avoit avec la terre, tandis qu'il étoit dans le canon; enſorte qu'il ſe trouveroit continuellement dans la même ligne verticale, de maniere qu'en retombant, il rencontreroit la bouche du canon, & rentreroit dedans (1).

(1) Un corps ſitué ſur l'équateur terreſtre s'avanceroit vers l'orient, (par l'effet du

Cependant, si l'on fait attention que le boulet, en montant, ne peut se trouver toujours sur la même ligne verticale qu'autant qu'il se trouve successivement sur les circonférences de cercles dont les rayons sont plus grands, on concevra facilement qu'il devroit parcourir un plus grand espace circulaire qu'il ne feroit, s'il restoit sur la surface de la terre ; mais par quelle cause sera produite cette augmentation de vîtesse circulaire ? Par le calcul de M. d'Alembert ; un corps lancé verticalement sous l'équateur avec une très-grande vîtesse, retomberoit en un lieu plus occidental que celui d'où il seroit parti. Si cette vîtesse étoit de 1800 pieds par seconde, il retomberoit à environ 600 pieds vers l'occident. (Voyez les Mémoires de l'Académie, année 1771). Si la vîtesse est peu de chose, il retomberoit sensiblement au même point. Le P. Mersene, & M. Petit, Intendant des fortifications, ayant placé très-perpendiculairement un

---

mouvement de rotation du globe,) avec une vîtesse de 6 lieues $\frac{1}{4}$ par minute, avec le point de la terre sur lequel il seroit placé.

canon chargé d'un boulet, & ayant ensuite tiré le canon, ils ne purent retrouver le boulet, ce qui leur fit croire que le boulet étoit encore en l'air. Si le boulet avoit eu une vîtesse de 1800 pieds par seconde, vîtesse, dit M. d'Alembert, qu'il peut très-bien avoir reçue, il auroit pu retomber assez loin, à l'occident du point de départ; & c'est la raison, sans doute, pour laquelle on ne l'a pas trouvé; d'un autre côté, s'il est tombé sur un terrein peu dur, il a dû s'enfoncer à une assez grande profondeur.

Nous expliquerons dans la suite pourquoi les étoiles paroissent tourner d'orient en occident dans l'espace d'un jour, tandis que la terre tourne elle-même d'occident en orient dans vingt-quatre heures. Nous dirons cependant ici que nous avons une preuve bien physique de la rotation diurne de notre globe par la diminution de pesanteur des corps qui sont sous l'équateur; car deux pendules égaux, placés, l'un sur l'équateur & l'autre à Paris, par exemple, ne font pas leurs oscillations dans le même temps; mais celui de Paris les

fait plus promptes& en fai t un plus grand nombre dans le même temps : ce qui démontre qu'un corps pese plus à Paris que si on le transportoit à l'équateur. D'autre côté, l'on ne peut douter de la figure applatie de la terre, & cet applatissement est une suite de la rotation de notre globe, comme nous l'avons dit ailleurs.

Dans le systême de Copernic, représenté dans la *figure* 14, le soleil est au centre du monde, les planetes tournent autour de lui dans l'ordre suivant : Mercure, Venus, la Terre, Mars ; Jupiter & Saturne à des distances du soleil qui sont entr'elles à peu près comme les nombres, 4, 7, 10, 15, 52 & 95, quoiqu'on n'ait pas observé ces rapports dans la figure. Nous expliquerons les phénomenes qui résultent de ce systême, après avoir parlé de celui de Tychobrahé, qui a été inventé après celui de Copernic : dans ce systême (*fig.* 15) la terre *T* est placée au centre du monde, elle est environnée par l'orbite lunaire & ensuite par celle du soleil, autour duquel comme centre sont décrits 5 cercles qui représen-

tent les orbites de Mercure, de Venus, Mars, Jupiter & Saturne; & le ſoleil, accompagné de toutes ces orbites, eſt ſuppoſé tourner autour de la terre, tandis que Mercure, Venus, Jupiter & Saturne tournent autour de lui. Pour ne pas faire une trop grande figure, nous n'avons point repréſenté les ſatellites de Jupiter & de Saturne, ni obſervé les proportions qui ont lieu dans le diametre des orbites. Longomontanus, Aſtronome célebre, qui vivoit du temps de Tychobrahé, ne put ſe réſoudre à admettre tout-à-fait ſon ſentiment; il fit tourner la terre ſur ſon axe, pour éviter de donner à la machine céleſte cette vîteſſe incroyable du mouvement diurne qui par ſa force centrifuge diſperſeroit bientôt les planetes & les étoiles, à moins qu'on ne ſuppoſât les cieux ſolides, comme Riccioli eſt obligé de le faire.

Revenons maintenant au ſyſtême de Copernic. Dans ce ſyſtême, la terre eſt tranſportée d'occident en orient, & parcourt l'écliptique dans l'eſpace d'un an; mais dans ce mouvement, rien ne dérange la poſition de ſon

axe, qui garde toujours ſon paralleliſme. De maniere que ſi nous ſuppoſons d'abord, la terre dans le tropique du cancer, & ſix mois après dans celui du capricorne, l'axe terreſtre ſera parallele à la ligne dans laquelle il ſe trouveroit dans le tropique du cancer. Il ſuffit que l'axe ait été dirigé une fois vers un point du ciel, pour qu'il conſerve toujours la même poſition ; car le mouvement diurne n'affecte point l'axe autour duquel il s'exécute ; & le mouvement de tranſlation ne dérange pas non plus la poſition de cet axe, en faiſant avancer une de ſes extrêmités plus que l'autre. Lorſqu'une toupie tourne ſur la table par un mouvement de rotation qui lui a été imprimé, cette table, dit-on, peut être tranſportée & même lancée de haut en bas, de droite à gauche, & circulairement, ſans qu'il en réſulte aucune différence dans le mouvement de rotation de la toupie ; on peut lancer cette toupie ſuivant la direction qu'on voudra, ſans qu'elle ceſſe pour cela de tourner ſur le même axe.

De même, ajoute-t'on, la terre peut

ſe mouvoir dans l'écliptique d'occident en orient, dans l'eſpace d'un an, & tourner en même temps ſur ſon axe dans l'eſpace de 24 heures, ſans que le paralleliſme de cet axe ſoit dérangé.

En matiere de Phyſique, dit M. de Lalande, on ne ſauroit donner une démonſtration rigoureuſe & préciſe, comme dans la géometrie pure. Si un homme placé fortuitement & pour la premiere fois, dans un vaiſſeau & ſur un fleuve, s'étoit perſuadé d'avance fortement par quelque motif de prévention que ce vaiſſeau eſt immobile, on auroit beau lui montrer la terre, les arbres, le rivage, les montagnes, lui dire qu'il n'eſt pas vraiſemblable que tout cela ſoit emporté à la fois du même ſens, que le mouvement ſeul de ſon navire eſt la cauſe de toutes ces apparences, & ſuffit pour expliquer tous les mouvemens qu'il apperçoit ; s'il ne l'a jamais éprouvé lui-même en deſcendant à terre, s'il n'a point vu de bâtiment avancer ſur l'eau, s'il a oui dire cent fois le contraire, il pourra toujours vous répondre que peut-être vous avez raiſon, mais qu'il n'a jamais

éprouvé,

éprouvé, ſi cela eſt bien vrai. Tel eſt le cas du Phyſicien qui voudroit démontrer au peuple le mouvement de la terre; il lui fera voir des milliers d'étoiles qui paroiſſent toutes avancer du même ſens, quoiqu'elles ſoient à des diſtances prodigieuſes les unes des autres; il lui dira qu'on ne peut même imaginer une cauſe phyſique commune pour tant de corps iſolés & indépendans les uns des autres, capable de les entraîner à la fois & de leur faire faire un tour entier tous les jours autour d'une petite maſſe de terre que l'on n'appercevroit pas, ſi l'on étoit placé vers une étoile: le Phyſicien lui dira encore qu'un ſeul mouvement de rotation dans le petit globe de la terre qui n'a que 1432 lieues de rayon, ſuffit pour cauſer cette infinité de mouvemens apparens: tout cela ne ſauroit convaincre ceux qui n'ont pas aſſez de Phyſique pour éloigner les préjugés; ce n'eſt pas une démonſtration proprement dite, on n'en ſauroit avoir en Phyſique; mais le Phyſicien ne les exige pas, & il lui ſuffit d'avoir une foule de raiſons à propoſer, tandis qu'on

ne ſauroit lui faire une ſeule objection phyſique contre le mouvement de la terre. Il y a des gens qui oppoſent le témoignage de l'Ecriture aux partiſans du ſyſtême de Copernic; il eſt dit dans Joſué, chap. 10, que le ſoleil s'arrêta au commandement de ce Capitaine : mais ceux qui défendent l'hypotheſe de Copernic, répondent facilement à ces objections, en diſant qu'il ne manque pas d'interprêtes qui aſſurent que les Ecrivains ſacrés parloient ſelon l'opinion commune des hommes, pour ſe rendre intelligibles aux peuples. Perſonne ne les auroit entendus, s'ils s'étoient expliqués d'une maniere différente. Quand Joſué ordonna au ſoleil de s'arrêter, il s'expliqua comme auroit fait un Aſtronome qui auroit cru au mouvement de la terre. Ceux qui penſent que notre globe ſe meut autour du ſoleil & autour de ſon axe, diſent tous les jours que le ſoleil ſe leve, qu'il ſe couche, qu'il arrive au méridien, en un mot, ils s'expliquent comme le peuple, qui croit la terre immobile. C'eſt ainſi, ajoutent-ils, qu'il faut interprêter les té-

moignages de l'Ecriture qui paroiſſent favorables à l'opinion qui place la terre immobile au centre du monde; & il y auroit un zele bien ridicule à prétendre exclure des Livres Saints toutes les expreſſions qui ſont reçues dans la ſociété. Paſſons à l'explication de différens phénomenes dans le ſyſtême de Copernic.

23. Le mouvement diurne de tout le ciel s'explique dans cette opinion avec la plus grande facilité; dès que nous tournons autour de l'axe de la terre, d'occident en orient, tous les aſtres doivent nous paroître tourner d'orient en occident. Soit *A D B E* (*fig.* 16), le globe de la terre qui ſe meut ſur ſon axe *B A* dirigé vers le point *P* du ciel, *D E* le parallele que décrit le point *D* de la terre par ſon mouvement diurne; *F* le point de la ſphere céleſte qui répond verticalement au point *D*, *G* le point qui répond verticalement au point *E*; la ligne *C D F* qui paſſe par le zénith *F* du point *D*, tourne avec ce point autour du centre *C* & de l'axe *A B*, & le point *F* de cette ligne décrit le cercle céleſte *F G* parallele au cercle

E D, qui lui-même eſt parallele à l'équateur; ainſi le point *F* décrit un parallele de la ſphere céleſte correſpondant au parallele *D E* de la ſphere terreſtre. Le point *F* rencontrera donc dans le ciel dans l'eſpace de 24 heures tous les points qui ſont ſur le parallele *F H G*, & ils paroîtront tous arriver ſucceſſivement au zénith d'un obſervateur placé en *D*; & comme cet obſervateur ſe croit immobile, il attribuera ces apparences au mouvement des corps céleſtes. Le mouvement annuel s'explique avec la plus grande facilité dans l'hypotheſe de Copernic. Soit *S* le ſoleil (*fig.* 17), *R T M* l'orbite de la terre; ♈ ♋ ♎ ♑ l'écliptique, c'eſt-à-dire, l'orbite dans laquelle on imagine les 12 ſignes; le ſoleil *S* paroît ſitué dans la balance en ♎ à un ſpectateur qui ſe trouve ſur la terre placée en *T*, parce que le rayon viſuel mené de la terre au ſoleil, eſt dirigé du côté de la balance, & nous diſons qu'alors le ſoleil eſt dans la balance. Mais ſi un ſpectateur placé dans le ſoleil, obſervoit la terre placée en *T*, il la rapporteroit au fond du ciel dans le

ſigne du belier ; de maniere que le lieu de la terre dans l'écliptique eſt toujours diamétralement oppoſé au lieu apparent du ſoleil. Lorſque la terre ſera parvenue en *A*, le ſoleil paroîtra en *a*; & lorſque la terre ſe trouvera enſuite en *B*, on verra le ſoleil en *b*, & cet aſtre paroîtra avoir parcouru l'arc *a b*; & ainſi de ſuite. C'eſt pourquoi la terre décrivant une orbite annuelle *T B M*, on verra le ſoleil répondre ſucceſſivement à tous les points de l'écliptique ; par conſéquent le mouvement réel de la terre produira le mouvement apparent & optique du ſoleil.

Le phénomene des ſaiſons eſt une ſuite du ſyſtême de Copernic : les lieux ſitués ſous le tropique du cancer, c'eſt-à-dire, à 23 degrés 30 minutes de latitude au nord, comme ſont à peu près Chandernagor & Canton, ont le ſoleil à leur zénith à l'heure de midi, au ſolſtice d'été ; mais ceux qui ſont à 23 degrés 30 minutes de latitude auſtrale, & ſous le tropique du capricorne, comme Rio - Janeiro, ont le ſoleil au zénith à midi le 21 Décembre, quand cet

aſtre eſt dans le ſolſtice d'hiver. Voyons maintenant comment on peut accorder ces apparences avec le mouvement de la terre. Concevons un plan circulaire, (que nous nommerons cercle *terminateur*), qui paſſe par le centre de notre globe, & qui ſoit perpendiculaire à une ligne menée du centre du ſoleil à celui de la terre, nous appellerons cette ligne *rayon ſolaire*. Il eſt viſible que ce plan diviſera la terre en deux parties égales, dont celle qui ſera tournée vers le ſoleil ſera éclairée, tandis que l'autre ſera dans les ténebres. Cela poſé, lorſque la terre ſera ſituée dans les points équinoxiaux, le plan de ſon équateur ſe confondra avec celui de l'équateur céleſte ; le plan dont nous venons de parler ſera perpendiculaire au même équateur, ſe confondra avec l'horizon des peuples qui ont la ſphere droite ; & les jours ſeront égaux aux nuits par toute la terre. Lorſque la terre ſera arrivée au tropique du cancer, le ſoleil paroîtra dans celui du capricorne, & les peuples qui habitent ſous ce cercle, le ver-

ront à midi à leur zénith. Supposons maintenant le centre de la terre placé en C (*fig.* 18), *e f* le diametre de l'équateur terrestre, *g h* le diametre du tropique du cancer sur lequel est situé Canton, *i k* le diametre de l'autre tropique ; si l'axe *P A* de la terre est incliné, de maniere que l'équateur ou son diametre *e f* fasse un angle de 23 ½ degrés avec le rayon solaire *SC*, ou avec l'écliptique, (le soleil & la terre étant toujours dans le plan de l'écliptique, le rayon solaire ou la ligne qui va du centre du soleil à celui de la terre, est aussi nécessairement dans le même plan) ; l'arc *h f* étant de 23 degrés & demi, le rayon solaire aboutira au point *h*, éloigné de l'équateur *f e* de la même quantité, ou de 23 degrés 30 minutes ; c'est pourquoi Canton & tous les points du même parallele, auront le soleil à leur zénith ce jour-là ; mais si l'axe *P A* étoit perpendiculaire au rayon solaire *S C*, le diametre *e f* de l'équateur se dirigeroit suivant *C S*, & le soleil seroit perpendiculaire à midi sur les lieux situés sur l'équa-

teur ; mais l'inclinaiſon de l'axe, qui fait avec le diametre *C D* de l'écliptique, ou avec le rayon ſolaire *C S*, un angle *P C h* de 66 degrés 30 minutes, eſt cauſe que le rayon ſolaire tombe perpendiculairement ſur un point *h* de la terre, différent du point *f* de l'équateur. Ainſi tous les lieux ſitués ſous le tropique du cancer, en tournant ce jour-là autour de l'axe terreſtre, paſſeront à leur tour au point *h*, & auront le ſoleil perpendiculairement à leur zénith à midi. Six mois après la terre ſe trouvant de l'autre côté du ſoleil en *D*, & l'axe de la terre que nous repréſenterons par *B T*, étant parallele à la ligne *A P*, ſera incliné du même ſens, & vers le même côté du ciel qu'il l'étoit 6 mois auparavant ; le tropique du cancer ſera placé en *l m*, & le rayon ſolaire, au lieu d'aboutir au tropique du cancer en *l*, répondra en *r* au tropique du capricorne *r u*, qui eſt celui de Rio-Janeiro ; & ce jour-là, tous les pays ſitués ſous ce cercle, paſſeront ſucceſſivement au point *r*, en tour-

nant autour de l'axe de la terre; de maniere qu'ils auront tous le ſoleil à leur zénith à l'heure de midi. C'eſt pourquoi cet aſtre paroîtra décrire ce jour-là, le tropique du capricorne. Lorſque la terre eſt ſituée en *C*, le rayon ſolaire étant perpendiculaire à l'horizon du point *h*, tous les pays placés du côté du pole arctique *P*, ou dans l'hémiſphere boréal de la terre, ont leur été. Le plan terminateur *M N*, perpendiculaire à la ligne *S C* qui paſſe par le ſoleil & par le zénith du point *h*, diviſe la partie éclairée de la terre, de l'hémiſphere plongé dans les ténebres; & l'on voit que le pole boréal *P* eſt éclairé, tandis que le pole auſtral *A* eſt dans l'obſcurité. Bien plus, tous les points ſitués entre le pole *P* & le cercle terminateur, décrivent chacun un parallele *m a n*, (dont la figure ne repréſente qu'une moitié), qui eſt tout entier dans l'hémiſphere éclairé, tandis que le point *d*, ſitué entre le pole auſtral & le même cercle terminateur, décrit un parallele ſitué dans la partie obſcure de la terre. C'eſt pourquoi les pays

qui ſont ſitués du côté du pole auſtral, éprouvent alors les rigueurs de l'hiver. Mais ſi nous plaçons la terre en *D* dans le tropique du Cancer, le ſoleil paroîtra dans le tropique du Capricorne; le pole méridional *B* ſera dans l'hémiſphere éclairé, & le pole arctique dans la partie obſcure de notre globe; les peuples ſeptentrionaux éprouveront les rigueurs de l'hiver, & les peuples méridionaux les ardeurs de l'été.

Lorſque la terre paſſe d'un tropique à l'autre, le rayon ſolaire, c'eſt-à-dire la ligne qui va du centre du ſoleil à celui de la terre, & qui rencontroit notre globe à 23 degrés 30 minutes au nord de l'équateur, lorſque nous étions au tropique du Capricorne, ne peut pas la rencontrer 6 mois après à 23 degrés 30 minutes au midi de l'équateur, ſans avoir rencontré ſucceſſivement les points intermédiaires; ainſi l'axe de la terre étant toujours ſuppoſé parallele à lui-même, quand la terre ſera dans les ſignes de la Balance & du Belier, le rayon ſolaire répondra perpendicu-

lairement ſur les lieux placés ſur l'équateur (1).

Les Aſtronomes ſe ſont apperçus depuis long-temps que les planetes tournent autour du ſoleil auſſi-bien que la terre ; mais leur mouvement ſe fait dans des orbites dont les plans ſont inclinés à celui de l'écliptique, les uns plus, les autres moins ; ils ont

(1) Si quelqu'un avoit de la peine à comprendre cette explication, il pourra faire tourner un globe autour d'une table, ayant attention que ſon axe ſoit toujours incliné de la même quantité du même côté, par exemple, vers le nord, un flambeau mis au milieu de la table, éclairera l'une des extrêmités de cet axe, ou l'un des poles, enſuite le milieu, puis l'autre extrêmité ou l'autre pole. Pour plus de facilité, on tracera un cercle ſur une table, on fera quatre trous aux extrêmités de deux diametres perpendiculaires l'un à l'autre, de maniere que les trous qui doivent recevoir le prolongement de l'axe du globe *B* (*fig.* 19), ſoient également inclinés vers le même côté du monde. Les lignes *S M*, *S N*, *S m*, *S n* qui partent du ſoleil, & qui ſont dirigées vers le centre du globe, ſont ce que nous avons appellé rayon ſolaire, & la figure fait aſſez comprendre que, ſelon les différentes ſituations du globe, le rayon ſolaire répond à l'équateur, à l'hémiſphere auſtral ou au ſeptentrional, de la maniere dont on vient de l'expliquer.

remarqué que leurs diſtances au ſoleil étoient inégales ; que la même planete étoit tantôt plus, tantôt moins éloignée du ſoleil. On appelle *diſtance moyenne* d'une planete au ſoleil, celle qui tient le milieu entre la plus grande & la plus petite diſtance; on la trouve, en ajoutant enſemble les deux diſtances, & prenant la moitié de leur ſomme. C'eſt pourquoi ſi la grande diſtance eſt ſuppoſée de 10000000 de lieues, & la plus petite de 8000000, on prendra la ſomme, 18000000 dont la moitié 9000000 ſera la diſtance moyenne. On voit dans la Table ci-jointe ces diſtances, telles que les donne le célebre M. de la Lande; mais cette Table n'exprime que les rapports de ces diſtances, & non leurs quantités abſolues.

PLANETES.	*Diſtance moyenne des Planetes au Soleil.*
MERCURE.	38710
VÉNUS.	72333
LA TERRE.	100000
MARS.	152369
JUPITER.	520098
SATURNE.	953937

24. Les Aſtronomes modernes pen-

ſent que les planetes ſe meuvent dans une courbe ovale, qu'ils appellent *éclipſe*. Cette courbe (*fig.* 20), a deux axes *B A*, *D d* perpendiculaires l'un à l'autre. Son centre *C* eſt un point placé au milieu du grand axe *B A* qui diviſe le petit axe en deux parties égales. Sur ce grand axe ſont placés deux points *S*, *s* qu'on appelle *foyers*, tels que ſi d'un point quelconque *D*, par exemple, de la circonférence de l'ellipſe, on mene des lignes aux deux foyers, la ſomme de ces deux lignes ſera égale au grand axe. Mais ſi d'un foyer *S* on mene une ligne *S d* ou *S D* à l'une des extrêmités du petit axe, elle ſera égale à la moitié du grand axe. La diſtance du centre *C* à l'un des foyers *S* ou *s*, eſt appellée *excentricité*; & les ellipſes dans leſquelles l'excentricité eſt fort conſidérable par rapport au demi-grand axe, ſont fort *allongées*, c'eſt-à-dire fort étroites, relativement à leur longueur; & l'on dit que ces éclipſes ſont fort *excentriques* (1). Si nous ſuppoſons qu'une

(1) Si l'on exprime par 100000 la diſ-

planete ſe meut dans une éclipſe dont le ſoleil occupe le foyer *S*, lorſqu'elle ſera à l'une des extrêmités du grand axe, elle ſera dans ſes *abſides*, pour parler le langage des Aſtronomes : le point *A*, le plus près du foyer *S*, occupé par le ſoleil, eſt appellé l'*abſide inférieure* ou *la baſſe abſide* de la planete; & ils appellent *abſide ſupérieure* ou *haute abſide*, le point *B* le plus éloigné du point *S*. La ligne *A B* qui paſſe par le ſoleil & par les points *A* & *B* eſt appellée ligne des abſides. Ils appellent

---

tance moyenne de la terre au ſoleil, les excentricités des Planetes ſeront telles que dans la Table ſuivante.

☿	MERCURE.	7960
♀	VÉNUS.	510
♁	LA TERRE.	1680
♂	MARS.	14208
♃	JUPITER.	2577
♄	SATURNE.	5310

Il eſt bon de faire attention à ces caracteres, par leſquels les Aſtronomes déſignent les Planetes.

périhélie la plus petite distance S A de la planete au soleil, & *aphélie* la plus grande distance S B du soleil à la planete : lorsque la planete se trouve à une des extrêmités D, ou d du petit axe, elle est dans ses distances moyennes ; parce que la ligne S D est égale au demi-grand axe, ou à la demi-somme des deux lignes S A & S B. On nomme *rayon vecteur* une ligne quelconque S D, S M, S B, S n, S A, menée d'un des foyers à la courbe.

Quand il s'agit de la terre : on dit qu'un corps céleste est *périgée* lorsqu'il se trouve le plus près qu'il est possible de la terre ; mais il est *apogée*, lorsqu'il en est le plus éloigné. Si l'on prend deux triangles quelconques S A a, B S n, dont les aires ou surfaces soient égales, & qu'on mene des lignes B f, A b aux extrêmités B & A de deux rayons vecteurs, correspondans, qui forment chacun un des côtés de ces triangles, de maniere que ces lignes touchent la courbe sans la couper ; on a remarqué qu'en abaissant du foyer S des perpendiculaires sur ces

lignes, qu'on nomme *tangentes ;* elles étoient en raiſon inverſe des côtés *Bn*, *A a* de ces triangles ; c'eſt-à-dire, que ſi le côté *Bn* eſt ſuppoſé, par exemple, la moitié du côté *A a*, la perpendiculaire abaiſſée du foyer *S* ſur la tangente *A b* ſera la moitié de la perpendiculaire menée du même point ſur la tangente qui paſſe par le point *B*. On a remarqué encore que lorſqu'aucune cauſe étrangere ne dérange un corps céleſte qui ſe meut dans une orbite elliptique, les aires égales des triangles *A S a*, *M S N*, *N S B*, *B S n* ſont décrites en temps égaux, par le rayon vecteur qu'on conçoit tourner autour du point *S*, en s'allongeant ou ſe raccourciſſant, ſelon que les points de l'orbite ſont plus ou moins éloignés du foyer *S* (1), & les Aſtronomes aſſurent *que les aires des triangles compriſes entre les rayons recteurs & les arcs d'une éclipſe que décrit une planete, ſont proportionnelles aux temps employés à parcourir* ces aires ; d'où il ſuit que ſi l'aire du triangle *A S a*

(1) Ceux de nos lecteurs qui ont lu la ſeconde édition de notre Précis des Mathématiques, n'auront aucune peine à comprendre tout cela.

eſt double de l'aire *S M N*, la planete emploiera deux fois plus de temps à parcourir l'arc *A a*, qu'à parcourir l'arc *M N*. La vîteſſe d'une planete eſt plus grande vers la baſſe abſide que dans l'abſide ſupérieure, au point *A* qu'au point *B*, & plus elle s'éloigne du centre *S* des forces, plus ſa vîteſſe eſt petite. Kepler a trouvé *que les quarrés des temps des révolutions des planetes autour du ſoleil, ſont entr'eux comme les cubes de leurs diſtances moyennes à cet aſtre*, ou ce qui revient au même, *comme les cubes des demi-grands axes de leurs orbites.* Ainſi, en ſuppoſant deux planetes, dont l'une faſſe ſa révolution en un an, & l'autre en 8, & que la diſtance moyenne de la premiere au ſoleil, ſoit exprimée par 1, l'on dira le quarré du temps 1 ou 1, eſt au quarré du temps 8 ou 64, comme le cube 1 de la diſtance 1 eſt au cube de la diſtance de la ſeconde planete, qui ſera 64, dont la racine cubique 4 exprimera ſa diſtance moyenne au ſoleil; ainſi le demi-grand axe de l'orbite de la ſeconde planete, ou ſa diſtance moyenne au ſoleil, ſera 4 fois plus

conſidérable que la diſtance moyenne de la premiere planete.

25. Selon ce que nous avons dit ailleurs, il exiſte une loi d'atraction par l'effet de laquelle tous les corps dans les diſtances un peu conſidérables, peſent vers tous les corps: les planetes tendent vers le ſoleil, & le ſoleil tend à ſon tour vers les planetes; mais ſa maſſe qui eſt très-conſidérable, fait qu'il ſe déplace fort peu, & qu'on peut le regarder comme immobile, tandis que les planetes font leurs révolutions autour de lui. Nous avons auſſi expliqué, Section I. n° 35, comment un corps lancé dans l'eſpace, & animé en même temps par une force centripete qui le pouſſe vers un point que nous appellerons *centre*, peut décrire une ellipſe par la combinaiſon de la force centrale, & de la force tangentielle, qui le pouſſe ſelon la direction de la tangente qu'il décrit; ainſi l'on ne doit pas être ſurpris ſi les planetes principales décrivent des ellipſes dont le ſoleil eſt le foyer commun. A l'égard de la lune, elle décrit, auſſi, (du moins en faiſant abſtraction de l'action du ſoleil ſur cet aſtre,)

une ellipse; les quatre lunes ou *sa-tellites* de Jupiter, & *les cinq satellites* ou lunes de Saturne décrivent de même des orbites elliptiques, dont la planete principale est le foyer commun, parce que la lune est attirée par la terre, comme les satellites de Jupiter & ceux de Saturne le sont par les planetes autour desquelles ils font leurs révolutions.

26. Avant de passer plus loin, nous croyons devoir expliquer ce que les Astronomes entendent par *parallaxe.* Mais nous remarquerons auparavant que par les principes de l'Optique, deux lignes paralleles fort longues, paroissent se réunir vers leur extrêmité; c'est ainsi que dans deux allées d'arbres paralleles, les arbres de l'extrêmité opposée à celle où se trouve l'observateur, paroissent se toucher. Si l'œil de l'observateur transporté par le mouvement annuel de la terre, continue de voir successivement un même astre sur des lignes paralleles entr'elles, l'astre paroîtra n'avoir eu aucun mouvement. Supposons que l'observateur placé en *A* (*fig.* 21), voit un astre situé en *C*, par le rayon *A C*, & qu'étant arrivé en

B, il le voit par le rayon *B D*, parallele au précédent, il le verra dans la même ſituation, dans la même région, & dans le même point du ciel, & il jugera l'aſtre immobile ou *ſtationnaire*. En effet, nous n'appercevons le mouvement d'un objet que par comparaiſon à un autre : ſi un homme étoit ſeul dans l'univers avec un aſtre *C*, & qu'ils fuſſent tranſportés enſemble d'un mouvement commun à travers l'eſpace, il ne pourroit reconnoître ce changement ; car quel indice en auroit-il ? On a donc beſoin d'un plan de comparaiſon, ou d'un terme fixe pour juger ſi un aſtre a quelque mouvement apparent ; tel eſt le plan de l'équateur, par exemple, ou bien encore le premier point du ſigne du Belier, &c.

Mais ſi le Spectateur, ſitué d'abord en *A*, & enſuite en *B*, voit le même aſtre par des rayons égaux & paralleles, *A C*, *B D*; comme l'aſtre ſera toujours à la même diſtance par rapport à lui, il ne pourra juger de ſon mouvement apparent ; parce que l'aſtre ſe trouve toujours à la même diſtance de la

route *A B* que ſuit l'obſervateur, avec laquelle les deux rayons viſuels forment toujours le même angle.

Nous appellerons *le vrai lieu de l'œil*, le point de l'Univers où ſe trouve réellement l'œil de l'obſervateur à un inſtant donné; *& le lieu imaginaire de l'œil*, le point de l'univers où l'obſervateur s'imagine être en repos. Pour plus de ſimplicité, nous ſuppoſerons les orbites circulaires, en appellant *l'orbite de l'œil* la route que l'obſervateur décrit réellement dans l'univers : le *plan de l'orbite de l'œil*, eſt celui ſur lequel cette orbite eſt couchée. Mais l'*orbite optique* eſt celle que l'objet paroît décrire dans le ciel. Nous appellerons *projection de l'orbite optique*, la figure qu'auroit ſur un plan l'ombre de cette orbite éclairée par une lumiere placée au lieu imaginaire de l'œil. Si l'on conçoit des rayons viſuels tirés du lieu imaginaire de l'œil à tous les points de cette orbite interceptés par le plan dont nous venons de parler, ils traceront ſur ce plan *la projection* de l'orbite optique, & cette projection s'appelle *ortographique*, lorſque les rayons

visuels dont nous venons de parler, sont tous perpendiculaires au plan qui les intercepte. La *projection ortographique* d'un cercle sur un plan auquel il n'est pas parallele, est une ellipse ; & c'est la raison pour laquelle un cercle vu obliquement, ou de côté ou par des rayons inclinés à son plan, paroît toujours sous une forme elliptique. Si l'on présente obliquement le plan d'un cercle à un rayon de lumiere qu'on introduit dans une chambre, par un trou rond fait au volet d'une fenêtre, son ombre projetée sur un plan perpendiculaire à la direction du rayon, aura la forme d'une ellipse. On peut, si l'on veut, prendre pour plan de comparaison, un plan qui passe par le lieu imaginaire de l'œil & par l'objet, & qui soit perpendiculaire au plan de l'orbite de l'œil ; si l'objet est fixe, ce plan sera fixe, & si l'objet est mobile, ce plan sera aussi mobile ; de maniere qu'il tournera avec la même vîtesse que l'objet, c'est-à-dire, qu'il fera sa révolution dans le même temps que l'objet fera la sienne.

Soit *a b c d* l'orbite de la terre

(*fig.* 22), le point *S* ou le centre de cette orbite, ſera le lieu imaginaire de l'œil; parce que le ſpectateur ſe croit immobile au centre du monde, dans lequel ſe trouve le ſoleil. Soit *A* un objet immobile, l'orbite optique *C B D F*, ſera une ligne égale à l'orbite réelle de l'œil, & ſituée dans un plan parallele. En effet, l'obſervateur étant ſuppoſé en *a*, verra l'objet *A* par le rayon viſuel *a A*; mais parce qu'il ſe croit immobile en *S*, il croira le voir par le rayon *S B*, égal & parallele au rayon *A a*; de maniere qu'il verra cet objet en *B*. Maintenant il eſt aiſé de comprendre que la figure *B A a S*, eſt un parallelograme; c'eſt pourquoi l'on peut dire que *le lieu vrai & le lieu imaginaire de l'œil, le lieu vrai & le lieu optique de l'objet, forment toujours un parallelogramme dans lequel le lieu vrai a de l'œil & le lieu imaginaire B de l'objet, ſont toujours à une extrêmité d'une des deux diagonales; tandis que le lieu imaginaire de l'œil, & le lieu vrai de l'objet, ſont aux extrêmités de l'autre diagonale*; ainſi l'on voit que *le lieu vrai de l'œil eſt toujours dans une*

ſituation oppoſée à celle du lieu optique de l'objet. Lorſque l'œil eſt en *b*, l'objet paroît en *D*; & lorſque l'œil, après avoir décrit l'arc *b c*, eſt parvenu en *c*, l'objet eſt vu en *F*. Ainſi l'on voit que l'orbite optique de l'objet eſt égale & parallele à l'orbite réelle de l'œil. Il ſuit de-là que quand l'obſervateur parcourt la partie inférieure de ſon orbite, l'objet *A* doit paroître parcourir la partie ſupérieure de la ſienne. Mais ſi cet objet eſt placé à une diſtance immenſe, il paroîtra immobile, parce que ſon orbite optique, vue de la terre; orbite qui eſt égale à celle que décrit l'obſervateur, ſera comme un point imperceptible relativement à la grande diſtance qu'il y a entre l'aſtre & la terre. C'eſt pour cette raiſon que les étoiles fixes ne paroiſſent pas ſe mouvoir en ſuivant la loi dont nous venons de parler; cependant elles ont un autre mouvement apparent, que nous expliquerons en parlant de l'aberration de la lumiere.

Suppoſons un ſpectateur ſitué ſur la terre en *P* (*fig*. 23), ſoit *h r D* la

le plan de ſon horizon rationnel, *C* le centre de la révolution diurne, & par conſéquent le lieu imaginaire de l'œil, *H A R* la moitié du cercle de ſon horizon terminée dans le ciel, *Z* le zénith, *Z a*, *Z A* des arcs que nous avons appellés *verticaux*. Soit un aſtre placé en *L*, le rayon par lequel l'obſervateur voit réellement cet aſtre eſt *P L*; mais parce qu'il s'imagine être immobile en *C*, le rayon par lequel il croit voir l'aſtre, eſt *C M*, égal & parallele à *P L*; ainſi le lieu apparent de l'aſtre eſt en *M*. Si l'aſtre eſt en *l*, on le verra en *m*, & s'il eſt placé en *N*, il ſera vu en *n*. L'angle *L C M* au centre de la terre, formé par deux lignes menées du point *C* au vrai lieu & au lieu apparent de l'aſtre, s'appelle la *parallaxe de l'aſtre*. Cet angle eſt égal à l'angle *P L C* (1); ainſi la *parallaxe d'un aſtre eſt l'angle à l'aſtre, compris entre deux lignes menées de l'aſtre au centre de la terre, & au point*

(1) On s'en aſſurera facilement en le meſurant, ou bien en faiſant attention, qu'à cauſe des paralleles *P L*, *C M*, ces angles ſont alternes, internes, & par conſéquent égaux comme nous l'avons fait voir dans le Précis de Mathématiques.

où est placé l'observateur ; ou bien encore la parallaxe d'un astre, relativement à un observateur, est l'inclinaison des deux lignes menées à l'astre, l'une du point où l'observateur est placé, & l'autre du centre de la terre. Le triangle *C P L*, ou son égal *L C M* est appellé par les Astronomes, *triangle parallactique ;* il est toujours situé dans le plan du vertical où se trouve l'astre & le spectateur ; & son effet s'exerce tout entier à l'égard de l'horizon, dont la parallaxe rapproche l'astre. Mais la figure fait voir que la parallaxe est d'autant plus grande que l'astre est plus près de l'horizon ; & si l'astre étoit au zénith, la parallaxe seroit nulle ; parce qu'alors le rayon visuel *P L* & son parallele *C M* se trouvant tous les deux dans la ligne du zénith *C Z*, se confondroient (1). La figure fait voir que la

(1) Voici une note qui fera peut-être plaisir à ceux qui connoissent un peu la géometrie, les autres peuvent se dispenser de la lire. Tant qu'un astre ne change pas de distance au centre de la terre, le sinus de sa parallaxe de hauteur est toujours comme le sinus de sa distance apparente au zénith. Car dans le triangle *P C L* on a *P C* : *C L* :: sin. *P L C* ; sin. *L P C* = sin. *Z P L* ; parce

parallaxe éloigne les astres du zénith ; mais la réfraction les rapproche du

---

que les angles de suite $Z P L$, $L P C$ valent deux angles droits, sont supplémens l'un de l'autre, & ont par conséquent le même sinus, comme les arcs qui sont supplémens l'un de l'autre ; ainsi qu'on peut le conclure de ce que nous avons dit dans notre Précis de Mathématiques. Mais les angles $Z P L$, $Z C M$ étant correspondans, sont égaux. Ainsi à la place des sin. $Z P L$, on peut substituer dans la proportion précédente sin. $Z C M$. Dans le triangle $P C l$ on a de même $P C$: $C l = C L$, (Car nous supposons ici que l'astre ne change pas de distance par rapport au centre C de la terre), :: sin. $P l C$: sin. $C P l =$ sin. $Z P l =$ sin. $Z C m$. Les deux premiers termes de ces deux proportions étant les mêmes ; il est visible que la raison qu'il y a entre les deux derniers de la premiere est la même que celle qu'il y a entre les deux derniers de l'autre ; ainsi l'on a la proportion sin. $P L C$: sin. $Z C M$ ou sin. $Z P L$ :: sin. $P l C$: sin. $Z C m$ ou sin. $Z P l$. Il suit delà que la parallaxe est nulle quand l'astre paroit au zénith ; elle est la plus grande quand il paroît à l'horizon, car dans le premier cas le triangle parallactique est réduit à la droite $C P Z$, & la parallaxe répond au sinus d'un angle qui est $= 0$; ainsi ce sinus est aussi $= 0$: dans l'autre cas le triangle parallactique $N P C$ est rectangle en P, & la parallaxe répond au sinus d'un arc de 90 dégrés qui est le plus grand des sinus ; c'est pour cette raison que la plus

même point. Lorſqu'un aſtre N eſt placé dans une ligne $P N$, parallele à l'horizon rationnel, & qui paſſe par l'œil de l'obſervateur, ſitué en P, la diſtance $N n$ qui eſt égale au demi-

---

grande parallaxe d'un aſtre s'appelle *parallaxe horizontale.*

Par l'effet de la parallaxe, le diametre d'un aſtre paroît plus conſidérable à meſure que cet aſtre s'éleve ſur l'horizon, quoique ſa diſtance au centre de la terre demeure la même. En effet, puiſque les parallaxes ſont plus grandes, plus près de l'horizon, la parallaxe du bord inférieur de l'aſtre doit être plus grande que celle du bord ſupérieur. Ainſi ces bords paroiſſent plus écartés l'un de l'autre, de la différence de leur parallaxe particuliere ; ce qui augmente ſon diametre apparent ; « mais les ſinus des parallaxes ſont comme les ſinus des diſtances au zénith, & les différences des ſinus deviennent plus grandes, à meſure que les ſinus même ſont plus petits ; donc les différences des parallaxes ſont plus grandes à meſure que l'aſtre approche plus du zénith ou qu'il s'éleve ſur l'horizon, donc ſon diametre paroît d'autant plus augmenté ».

Par l'effet de la parallaxe qui éloigne les objets du zénith, les aſtres paroiſſent ſe lever plus tard & ſe coucher plutôt.

Les ſinus des parallaxes des aſtres qui ſont ſitués à la même hauteur apparente ſur l'horizon, mais à différentes diſtances du centre de notre globe ſont en raiſon inverſe de ces diſtances. En effet, ſi l'on ſuppoſe deux aſtres,

diametre $P C$ de la terre, eſt regardée comme nulle, relativement à la diſtance de la terre à l'aſtre, qui par conſéquent eſt cenſé placé dans le plan de l'horizon. Et l'angle ſous lequel

l'un en l l'autre en t, les triangles $P C l$, $P C t$ donneront les proportions $P C : C l ::$ ſin. $P l C$: ſin. $l P C$; & $P C : C t ::$ ſin. $P t C$: ſin. $C P t$, ou $l P C$. C'eſt pourquoi l'on a $P C \times$ ſin. $l P C = C l \times$ ſin. $P l C = C t \times$ ſin. $P t C$. D'où l'on tire $C l : C t ::$ ſin. $P t C$: ſin. $P l C$. Car en égalant le produit des extrêmes à celui des moyens, on a la derniere équation précédente.

Il ſuit delà que les ſinus des parallaxes horizontales ſont en raiſon inverſe des diſtances au centre de la terre. Le ſinus de la parallaxe horizontale d'un aſtre eſt toujours comme le ſinus de l'angle, ſous lequel on voit le demi-diametre horizontal de cet aſtre, ou encore comme le ſinus de l'angle formé par deux lignes menées du centre de la terre, l'une au centre de l'aſtre, & l'autre à l'extrêmité d'un de ſes rayons auxquels elle eſt perpendiculaire. En effet la parallaxe horizontale $P N C$ eſt l'angle ſous lequel le demi-diametre $P C$ de la terre eſt vu du centre de l'aſtre N placé ſur la tangente $P N$ qui paſſe par le point P où ſe trouve l'obſervateur. Par la même raiſon le plus grand angle ſous lequel du centre de la terre, on peut voir le demi-diametre de l'aſtre placé en N, eſt à l'égard de cet aſtre, la parallaxe horizontale de la terre, & ſelon ce que nous venons

un obſervateur placé dans l'aſtre *N*, verroit le demi-diametre *P C*, eſt *la parallaxe horizontale de l'aſtre*; mais il faut que la ligne *N P* raſe la terre, & rencontre le rayon terreſtre *P C* à angles droits, & cela arrive lorſque l'aſtre paroît dans l'horizon. La plus grande parallaxe horizontale eſt celle de la lune; elle eſt d'environ un degré.

Par les principes d'optique, le diametre des corps fort éloignés, paroît d'autant plus petit que leur diſtance eſt plus grande; enſorte que ſi l'on ſuppoſe la ligne *L P* (*fig.* 24), de 1000000 lieues, &

de dire, les ſinus des parallaxes horizontales de la terre doivent être en raiſon inverſe de ſes diſtances au centre de l'aſtre *N*. D'où il ſuit que les ſinus des parallaxes horizontales de l'aſtre *N* par rapport à notre globe, ſont en même raiſon que les ſinus des parallaxes horizontales de la terre, par rapport à l'aſtre *N*, ou ce qui revient au même, les ſinus des parallaxes horizontales d'un aſtre vu de la terre, ſont dans les rapports des ſinus des diametres horizontaux apparans de cet aſtre. Mais ſi l'aſtre eſt aſſez éloigné de la terre pour que ſa parallaxe horizontale n'excede pas un degré, dans ce cas les ſinus de ces différentes parallaxes ſont confondus avec les arcs qui meſurent ces parallaxes; & l'on peut mettre par-tout la parallaxe ſimplement au lieu du ſinus de la parallaxe.

la distance PM de 10000000 lieues, l'angle PLC sera 10 fois plus grand que l'angle PMC : & si le premier angle est d'une minute, le second sera de 10 minutes, & la grandeur apparente du demi-diametre PC, vu du point L, sera à la grandeur apparente du même demi-diametre vu du point M, comme 10 à 1, ou comme la distance PM à la distance PL ; c'est ce qu'entendent les Astronomes lorsqu'ils disent que *les parallaxes horizontales des astres sont en raison inverse des distances de ces astres à la terre.*

Supposons que la lune soit située en L, un obsservateur placé au centre C de la terre, supposée transparente, verroit cet astre au fond du ciel en s, tandis que l'obsservateur placé en P le verra au fond du ciel en t ; l'arc ts d'un grand cercle de la sphere céleste, compris entre deux étoiles t, s, est censé la mesure de cet angle, parce qu'à cause de la distance immense des étoiles, l'on peut supposer le centre de cet arc céleste en L. Ainsi, en mesurant le nombre de degrés de cet arc, soit par le moyen d'un globe céleste dans lequel

les étoiles seroient exactement placées dans la situation qui leur convient, soit par d'autres méthodes qui n'entrent pas dans le plan de cet ouvrage, on aura la parallaxe horizontale de la lune; la parallaxe de Mars & des autres Planetes est moins considérable que celle de la lune, qui est le corps céleste le plus près de notre globe.

On appelle *parallaxe de l'orbe annuel*, la différence entre le vrai lieu d'un astre vu du soleil, & son lieu apparent vu de la terre. Cette parallaxe est nulle par rapport aux étoiles fixes, puisque leur mouvement optique se fait dans un point imperceptible, comme nous l'avons dit ci-dessus; de maniere que le diametre de cette orbite optique est insensible, & n'excede pas 3 ou 4 secondes de degré; c'est-à-dire, que les rayons visuels tirés de la terre aux extrêmités de ce diametre, ne font pas un angle qui excede 4 secondes; d'où M. de la Caille conclut que les étoiles sont à une distance immense, & qui excede 280000000000 de nos lieues.

27. Nous allons nous occuper maintenant des Planetes. Mercure fait sa révolution autour du soleil, dans

l'eſpace d'environ 3 mois, dans une éllipſe peu excentrique & preſque circulaire, dont le ſoleil occupe un des foyers. Son diametre eſt à peu près les $\frac{2}{5}$ de celui de la terre; ſa diſtance moyenne au ſoleil eſt d'environ 1340000 lieues. Sa plus grande diſtance au ſoleil, ſelon Jacquier, eſt de 5137 diametres terreſtres, & ſa plus petite de 3377. Vient enſuite Vénus, qui ſe meut, dit-on, ſur ſon axe dans l'eſpace d'environ 24 heures, & autour du ſoleil dans l'intervalle d'environ 7 mois & $\frac{1}{2}$. Sa diſtance moyenne au ſoleil eſt d'environ 25000000 de lieues, & ſon diametre eſt plus petit d'environ un $\frac{1}{33}$ que celui de la terre. La diſtance moyenne de la terre au ſoleil, eſt d'environ 34000000 de lieues. Cette planete fait ſa révolution autour du ſoleil dans l'eſpace d'un an, & ſur ſon axe dans 24 heures, tandis que la lune tourne autour de la terre dans l'eſpace d'environ 27 jours & 7 heures. Le diametre du ſoleil eſt environ 112 $\frac{1}{2}$ fois plus grand que celui de la terre; mais celui de la lune eſt à peu près le $\frac{1}{4}$ ou les $\frac{3}{11}$ de celui de notre globe,

dont elle eſt éloignée dans ſa moyenne diſtance d'environ 86324 lieues. Mars, dont le diametre eſt à peu près les $\frac{2}{3}$ de celui de la terre, eſt éloigné de nous dans ſa diſtance moyenne, d'environ 52000000 lieues. Il fait ſa révolution autour du ſoleil d'occident en orient, dans l'eſpace d'environ un an & 324 jours. Jupiter fait la ſienne dans environ 12 ans : ſon diametre eſt environ 11 fois plus grand que celui de la terre, & ſa diſtance moyenne à notre globe eſt d'environ 180000000 lieues. Cette planete eſt environnée de 4 petites lunes qui tournent autour d'elle, d'occident en orient : on les appelle *ſatellites* : nous en parlerons dans une autre occaſion. La diſtance moyenne de Saturne à la terre, eſt d'environ 331000000 de lieues : ſon diametre eſt à peu près 10 fois auſſi conſidérable que celui de la terre, & cette planete, accompagnée de cinq ſatellites ou lunes qui tournent autour d'elle, d'occident en orient, fait ſa révolution autour du ſoleil ſelon l'ordre des ſignes, c'eſt-à-dire, en allant d'occident en orient, dans l'eſpace d'environ 30 ans. Cette planete préſente un

phenomene bien ſingulier : quelque fois elle paroît toute ronde (*fig.* 25), d'autres fois on y diſtingue deux anſes (*fig.* 26) ; ces apparences ſont produites par un anneau fort mince, preſque plan concentrique à Saturne dont il eſt également éloigné dans tous les points de ſa circonférence. Ses parties ſe ſoutiennent peut-être mutuellement par l'attraction naturelle qui les pouſſe vers Saturne. Un pont qui ſeroit aſſez vaſte pour environner toute la terre, ſe ſoutiendroit ſans piliers. Par les obſervations de M. Pond, le diametre *A B* de l'anneau de Saturne (*fig.* 27), eſt à celui de Saturne, comme 7 eſt à 3; l'eſpace *E* qu'il y a entre l'anneau & le globe, eſt à peu près égal à la largeur de l'anneau, laquelle eſt environ le $\frac{1}{3}$ du diametre de Saturne. L'angle que cet anneau fait avec le plan de l'écliptique eſt de 31 degrés 23 minutes, & il la coupe à 5 ſignes 17 degrés de longitude, ou à 167 degrés de diſtance du commencement du Belier, en allant vers l'orient. Lorſque Saturne eſt vers le vingtieme degré de la Vierge & des Poiſſons, le plan de

ſon anneau ſe trouve dirigé vers le centre du ſoleil; alors ſon épaiſſeur ſeule réfléchit la lumiere ſolaire; & comme cette épaiſſeur n'eſt pas aſſez conſidérable pour être apperçue de ſi loin, Saturne doit paroître rond & ſans anneau; mais dans ce cas on apperçoit une bande obſcure qui traverſe Saturne par ſon milieu, & qui eſt formée par l'ombre de l'anneau ſur ſon diſque : cette eſpece d'apparence dure environ un mois. L'anneau de cette planete diſparoît encore lorſque ſon plan eſt dirigé vers la terre, parce que ſon épaiſſeur eſt trop peu conſidérable & réfléchit trop peu de lumiere pour que nous puiſſions l'appercevoir. Cet anneau peut diſparoître encore lorſque ſon plan ſe trouve entre le ſoleil & nous; car alors la ſurface éclairée n'étant point tournée vers la terre, nous ne pouvons l'appercevoir. Enfin, lorſque le plan de l'anneau eſt oblique à la ligne menée de la terre à l'anneau, il paroît en forme d'éllipſe dont les extrêmités forment comme des anſes; parce qu'un corps circulaire vu de côté, paroît toujours avoir une forme ovale. La ſurface de l'anneau n'eſt

pas exactement plane; elle a des points plus élevés les uns que les autres, comme la lune; car en 1774, M. Messier apperçut très-distinctement des points lumineux parsemés sur les anses de l'anneau : ils étoient brillans, blanchâtres, scintillans, semblables aux étoiles de la septieme grandeur, vues avec de bonnes lunettes. Comme ces points sont en général plus éclairés que le reste de l'anneau sur lequel ils font ombre, l'observateur commence à les appercevoir les premiers, lorsqu'il s'éleve au dessus du plan de l'anneau qu'on peut concevoir comme infiniment prolongé. On observe constamment que vers les instans des disparitions de l'anneau, les anses se racourcissent & se séparent de la planete avant de disparoître entierement. La vivacité de la lumiere de Saturne, doit d'abord éteindre & faire disparoître celle des parties de l'anneau les plus voisines du globe de la planete; comme on l'observe dans les satellites de Jupiter, que l'on perd de vue lorsqu'ils s'approchent de leur planete. D'autre côté, les parties les plus étroites situées vers les extrêmités des anses

doivent auſſi diſparoître avant que celles qui en ſont plus éloignées, & qui occupent le milieu de la largeur de l'anneau dans une ligne droite qui paſſe par le centre de la planete & les anſes, diſparoiſſent par rapport à nous ; ainſi les anſes doivent ſe raccourcir avant de ceſſer d'être viſibles. Mais on a encore remarqué qu'une des anſes diſparoît conſtamment avant l'autre, ce qu'on doit probablement attribuer à ce que les parties qui réfléchiſſent alors la lumiere, ne ſont pas préciſément dans un même plan.

M. de Maupertuis conjecture que l'anneau a été formé par la queue d'une comete que Saturne a forcée de circuler autour de lui ; la comete eſt devenue ſatellite, & la queue a formé l'anneau. M. de Mairan penſoit que Saturne a été autrefois un globe beaucoup plus conſidérable qu'il ne l'eſt aujourd'hui, & que l'anneau eſt l'équateur de l'ancienne planete, réduite à un plus petit volume. M. de Buffon croit que l'anneau faiſoit partie de la planete, & qu'il s'en eſt détaché par l'excès de ſa force centrifuge. On peut penſer que toutes les parties de l'anneau ſont

ſoumiſes à l'action d'une force centrifuge, propre à contrebalancer les efforts de la peſanteur qui les pouſſe vers le centre de la planete. M. de Maupertuis penſoit que toutes les parties de l'anneau emportées par un mouvement commun autour de Saturne, font leur révolution dans le même temps autour de cette planete. Un autre Savant conjecture que l'anneau eſt compoſé de zones concentriques ; telles que les plus éloignées du centre de Saturne, n'achevent pas leur révolution dans le même temps que les autres. La multitude de bandes concentriques que les fortes lunettes ont fait appercevoir ſur l'anneau de Saturne, donne quelque poids à cette opinion. M. Caſſini croyoit que cet anneau n'eſt qu'un aſſemblage de ſatellites ſi multipliés, & ſi proches les uns des autres, qu'on ne peut appercevoir d'intervalle entr'eux.

Les planetes ſont des corps opaques, qui ne ſont pas lumineux par eux-mêmes, comme les étoiles & le ſoleil; elles ne paroiſſent lumineuſes que parce qu'elles nous renvoyent les rayons de lumiere qui viennent du ſoleil ſur leur ſurface. Elles ſont tantôt

périgées, tantôt apogées, ſelon qu'elles ſont moins ou plus éloignées de la terre. Suppoſons que Mars ſoit ſitué en *M* (*fig.* 28), & la terre au point *t* de ſon orbite, Mars ſera apogée, ou dans ſon plus grand éloignement de la terre. Mais ſi Mars étoit en *N*, il ſeroit périgée, ou dans ſa moindre diſtance à la terre. Mars eſt *aphelie* lorſqu'il eſt dans ſa plus grande diſtance par rapport au ſoleil, ou dans ſon abſide ſupérieure; il eſt au contraire *perihélie*, lorſqu'il eſt dans ſa plus petite diſtance par rapport au ſoleil. Une planete *M* eſt en *conjonction* avec le ſoleil, lorſqu'elle paroît avoir la même longitude que cet aſtre, ou bien encore lorſqu'elle eſt au-delà du ſoleil dans la ligne qui paſſe par la terre & le centre du ſoleil. Si au contraire la terre *t* ſe trouve entre le ſoleil & la planete *N*, de maniere qu'un ſpectateur ſoit obligé de tourner le dos au ſoleil pour voir la planete; alors cette planete eſt en *oppoſition* avec le ſoleil. Les planetes ſupérieures, dont l'orbite embraſſe celle de la terre, peuvent être en conjonction ou en oppoſition;

Mais les planetes inférieures, c'est-à-dire, Mercure & Vénus, dont les orbites sont renfermées dans celle de la terre, ne peuvent jamais être en opposition avec le soleil; mais elles ont deux conjonctions, la *supérieure*, qui arrive lorsqu'on voit l'astre au-delà du soleil, & l'*inférieure*, lorsqu'il se trouve entre le soleil & la terre. Si donc la courbe *t B D* (*fig.* 29), représente l'orbite terrestre, *S* le soleil, *M N m n* l'orbite de Vénus cette planete sera dans sa conjonction supérieure, lorsqu'elle sera en *M*, & la terre en *t*; mais elle sera dans sa conjonction inférieure, si elle se trouve en *m*, la terre étant en *t*. En général on dit qu'un astre est dans les *syzygies* lorsqu'il est en conjonction ou en opposition. Mais lorsque l'observateur est tellement situé, que l'arc de l'écliptique compris entre le soleil & le plan du *cercle de latitude d'un* astre, cercle qui passe par les poles de l'écliptique, paroît de 90 degrés, on dit que l'*astre est en quadrature avec le soleil.*

28. Venus & Mercure sont sujets à des phases comme la lune, selon leurs différens aspects avec le soleil; c'est-à-dire, selon qu'ils nous pré-

ſentent une plus petite ou une moindre partie de leur diſque éclairé : ils paroiſſent entierement ronds & éclairés lorſqu'ils ſont vers la conjonction ſupérieure avec le ſoleil ; les lunettes nous les font voir en croiſſant lorſqu'ils approchent de la conjonction inférieure, dans laquelle ils diſparoiſſent, à moins qu'ils n'aient beaucoup de latitude, c'eſt-à-dire, à moins qu'ils ne ſoient conſidérablement éloignés du plan de l'écliptique. Si dans leurs conjonctions inférieures ils ont moins de 16 minutes de latitude, ils paroiſſent paſſer ſur le diſque ſolaire, où on les apperçoit comme des taches rondes & fort noires ; ce qui prouve que ces planetes ne ſont pas lumineuſes par elles-mêmes ; car dans ce cas leur lumiere devroit, ou ſe confondre avec celle du ſoleil, & alors elles ſeroient inviſibles dans ces conjonctions, ou ſe diſtinguer de celle du ſoleil par ſon plus ou moins de vivacité, ou par ſa couleur différente. Mars eſt auſſi ſujet à des phaſes ; car on le voit rond lorſqu'il eſt en oppoſition; mais vers les quadratures, il paroît avec le téleſcope, à peu près de la

même figure que la lune trois ou quatre jours après ou avant la pleine lune. On comprendra mieux la raiſon de toutes ces apparences, lorſque nous aurons expliqué la cauſe des phaſes de la lune. Jupiter & Saturne ne paroiſſent pas ſujets à ces phaſes ; parce que ces deux planetes ſont ſi éloignées de notre globe, que nous les voyons à peu près de même que ſi nous étions dans le ſoleil ; mais comme elles jettent une ombre oppoſée au ſoleil, qui fait diſparoître leurs ſatellites lorſqu'ils viennent à la traverſer ; & que d'un autre côté ces mêmes ſatellites jettent ſur la ſurface de ces planetes une ombre très-ſenſible, lorſqu'ils ſe trouvent entr'elles & le ſoleil ; on ne peut douter que ces planetes & leurs ſatellites ne ſoient des corps opaques.

Les planetes, du moins quelques-unes, ſont des globes un peu applatis, de maniere que l'axe de leur rotation eſt un peu plus petit que le diametre de leur équateur. Il eſt vrai que cette figure applatie n'a été remarquée que dans la terre & Jupiter ; les autres planetes ſont vues ſous des angles trop petits pour que

les inégalités de leur diametre, s'il y en a, soient sensibles. Il est cependant aisé de prouver que si la surface des planetes est couverte en tout ou en partie, d'une matiere fluide, telle que sont les mers sur notre globe, les planetes ne peuvent avoir un mouvement de rotation, sans être renflées vers l'équateur, & applaties vers les poles; car dans cette supposition, il est nécessaire que la figure de la planete soit telle, que toute la masse du fluide puisse rester en équilibre; mais si la planete étoit un globe parfaitement rond, l'équilibre ne pourroit plus subsister avec le mouvement de rotation; car alors les points de la surface du globe décriroient, autour de son axe, des cercles d'autant plus grands, & avec d'autant plus de vîtesse, qu'ils seroient plus éloignés des poles, & plus près l'équateur. Ainsi ces points acquereroient à proportion plus de force centrifuge pour s'échapper de leur cercle, & pour s'éloigner par la tangente du cercle de leur rotation. « Cette tendance ou force centrifuge diminueroit donc leur pesanteur à l'égard du centre de leur planete,

& par conséquent les parties de la surface du globe peseroient d'autant moins, qu'elles seroient plus loin des poles; donc les parties fluides situées vers l'équateur résisteroient avec moins de force, à l'effort que les parties fluides voisines des poles feroient pour s'approcher du centre; donc celles-ci reflueroient vers l'équateur, & gonfleroient celles qui y seroient; & par-là elles applatiroient la figure de la planete, en laissant moins de matiere vers les poles, & en s'accumulant vers l'équateur, ou bien elles inonderoient les continens qui seroient vers l'équateur; ce qui en changeroit de même la figure. Donc pour prévenir cette inondation, il a fallu élever considérablement les terres qui sont vers l'équateur, & donner à la planete une figure applatie vers les poles, & renflée vers l'équateur. De cette sorte, cet excès de matiere compense la diminution de la pesanteur causée par la rotation, & tout reste en équilibre».

On peut conclure delà, 1°. Que plus le mouvement de rotation est prompt, plus la planete doit être applatie; ainsi l'applatissement de

Jupiter eſt très-ſenſible, parce que ſa rotation diurne s'acheve en moins de dix heures de temps, quoique cette planete ſoit, ſelon la Caille, 768 fois plus groſſe que la terre: ſelon les obſervations les plus exactes, dit cet Aſtronome, le diametre de ſon équateur ſurpaſſe d'un $\frac{1}{12}$ l'axe qui paſſe par ſes poles (1). 2°. Que de tous les cercles qu'on a imaginés ſur la ſurface d'une planete, il n'y a que l'équateur & ſes paralleles qui ſoient de véritables cercles; les mé-

(1) M. Caſſini, ayant remarqué des taches dans Vénus, jugea que cette planete faiſoit une révolution ſur ſon axe en 13 heures; mais la durée de cette rotation eſt plus difficile à obſerver que celle de Jupiter, que l'on voit clairement tourner ſur ſon axe en 9 heures 56 minutes, & dont l'équateur n'eſt incliné que de deux ou trois degrés ſur le plan de ſon orbite. Selon M. de Lalande, ſon axe eſt plus petit d'un $\frac{1}{14}$ que le diametre de ſon équateur, ce qu'on doit attribuer à la grande force centrifuge que produit une rotation auſſi rapide. M. Caſſini, ayant obſervé Mars en 1666, jugea que cette planete tournoit ſur ſon axe dans l'eſpace de 24 heures 40 minutes. La rotation de Mercure & de Saturne, dit M. de Lalande, ne peut s'obſerver; l'un eſt trop près du ſoleil pour que l'on puiſſe en diſtinguer les taches; l'autre eſt trop éloigné de nous.

ridiens ſont d'une figure qui approche d'une ellipſe dont le grand axe eſt dans le plan, & égal au diametre de l'équateur. 3°. Que par conſéquent les 360 degrés égaux de chaque méridien céleſte ne répondent pas à 360 parties égales priſes ſur la circonférence du méridien correſpondant de la planete; d'où l'on voit que ſur la terre, par exemple, les longueurs des arcs d'un méridien terreſtre, qui répondent aux arcs égaux du méridien céleſte, ne ſont pas égales, mais qu'elles ſont plus petites dans les endroits où la ſurface de la terre eſt plus convexe, & plus grande dans les endroits où la ſurface eſt plus applatie, & où par conſéquent les arcs, (qu'il faut prendre petits & conſidérer comme circulaires,) ont un plus long rayon. D'où il ſuit enfin que les longueurs des degrés d'un méridien terreſtre, qui répondent aux degrés du méridien céleſte, ſont plus grandes à meſure qu'on approche des poles, & plus petites à meſure qu'on approche de l'équateur.

29. Les planetes paroiſſent tantôt *directes*, tantôt *ſtationnaires*, tantôt *rétrogrades*: elles ſont directes lorſ-

qu'elles nous paroiſſent ſe mouvoir ſelon l'ordre des ſignes, ou d'occident en orient ; elles ſont ſtationnaires lorſqu'elles paroiſſent répondre pendant quelques temps au même point du ciel; elles ſont rétrogrades lorſqu'elles paroiſſent aller contre l'ordre des ſignes, c'eſt-à-dire, d'orient en occident. Soit *t b f* l'orbite de la terre (*fig.* 30), *a d F p*, celle de Vénus; lorſque la terre eſt en *b*, & que Vénus ſe trouve en *N* dans ſa conjonction ſupérieure, elle paroît aller comme elle va réellement ſelon l'ordre des ſignes, c'eſt-à-dire, d'occident en orient, ou de *N* vers *d*; mais ſi la terre étant en *b*, Vénus ſe trouvoit en *M*, ou dans ſa conjonction inférieure, elle nous paroîtroit aller à droite, parce qu'elle va de *M* vers *p*, plus vîte que la terre ne va de *b* en *t*; ainſi Vénus paroîtra rétrograder dans ſa conjonction inférieure. Si la terre étant en *b*, Vénus ſe trouvoit ſur la tangente *b F*, menée de la terre à ſon orbite, elle paroîtroit ſtationnaire. En effet, il y a au point *c* un petit arc de l'orbite qui ſe confond, & ſe réunit ſenſiblement

avec

avec la tangente *b F*; & tandis que la planete se trouve sur cet arc, elle reste pour nous sur la même ligne, répond au même point du ciel, & paroît par conséquent stationnaire; & il est visible que cela arrive entre la rétrogradation & la direction. Bien plus, la planete paroîtra stationnaire pendant tout le temps que la terre & la planete auront une situation telle que les lignes menées de la terre à la planete, seront paralleles; parce que dans ce cas-là, elles paroîtront se terminer au même point du ciel. Il n'est pas plus difficile d'expliquer les directions, les stations & les rétrogradations des planetes supérieures. Soit supposée la terre en *a* (*fig.* 31), & Jupiter en *A*, il est visible que nous rapporterons cette planete au fond du ciel en *M*, entre les étoiles fixes. Pendant le temps que cette planete décrira environ la $\frac{1}{12}$ partie de son orbite, la terre fera une révolution autour du soleil, & elle se trouvera en *b* lorsque Jupiter sera en *B*; mais alors un observateur situé en *b*, rapportera Jupiter en *R*, & cette pla-

nete paroîtra avoir rétrogradé. Pendant le temps que cette planete parcourra l'arc *B t*, la terre décrira l'arc *b d f*, & les rayons visuels *d T*, *f O*, menés de la terre à la planete étant paralleles, Jupiter paroîtra stationnaire. Mais la terre étant en *h*, Jupiter sera vu en *N*, & nous le verrons en *x* lorsque la terre sera en *p*; ainsi il paroîtra direct, & on le verra aller selon l'ordre des signes d'occident en orient.

30. Nous avons dit ci-devant que les orbites des planetes sont inclinées au plan de l'écliptique : les points où elles coupent le plan de l'écliptique, s'appellent les *nœuds de la planete*. Le *nœud ascendant* est celui où la planete passe de la latitude australe à la latitude boréale, & on le désigne par ce caractere ☊ : on appelle *nœud descendant* celui où la planete passe de la latitude boréale à la latitude méridionale : on le désigne ainsi ☋. Soit *L a d f* (*figure* 32), l'orbite d'une planete de Jupiter, par exemple, *P a M f*, le plan de l'écliptique au dessus duquel le plan de l'orbite de Jupiter est élevé du côté de *P*, tandis qu'il

est abaissée au dessous de ce même plan du côté de la partie boréale *M*, le nœud ascendant sera situé en *a*, & le nœud descendant en *f*. L'inclinaison des plans des orbites planetaires, sur celui de l'écliptique, n'est pas la même pour toutes les planetes; & les grands axes de leurs orbites elliptiques, ne sont pas fixes dans le ciel, non plus que les points de leurs aphélies, qui paroissent avoir à l'égard des étoiles, un mouvement très-lent, aussi-bien que leurs nœuds; mais celui des aphélies est direct, & celui des nœuds rétrograde (1), du

(1) Voici deux petites Tables, extraites

	Inclinaison de l'Orbite.	*Lieu de l'Aphél. en l'an 1700.*	*Lieu du ☊ en l'an 1700.*
	D. M. s	S. D. M. s	S. D. M. s
Saturne.	2. 30. 36	8. 28. 8. 39	3. 21. 13. 29
Jupiter.	1. 19. 30	6. 9. 26. 42	3. 7. 29. 53
Mars.	1. 50. 54	5. 0. 36. 20	1. 17. 17. 25
Vénus.	3. 23. 20	10. 6. 26. 20	2. 13. 59. 25
Mercure.	7. 0. 0	8. 12. 34. 38	1. 14. 43. 0

l'orbite de la planete qui le produit.

Nous remarquerons seulement ici que la révolution d'une planete, par rapport à son abside, c'est-à-dire, le temps qu'elle emploie à y revenir, ou l'intervalle d'un passage, par son aphélie au passage suivant, s'appelle

de celles de MM. Cassini & Halley, dans la derniere desquelles + signifie un mouvement annuel direct à l'égard des étoiles, & — un mouvement rétrograde.

	Mouv. de l'Aphél. Cassini.	*Mouv. du ☊ Cassini.*	*Mouv. de l'Aphél. Halley.*	*Mouv. du ☊ Halley.*
	s.	s.		
Saturne.	+ 27	+ 6	+ 30	— 32
Jupiter.	+ 6	— 27	+ 22	— 0
Mars.	+ 21	— 17	+ 20	— 12
Vénus.	+ 35	— 17	+ 6	— 19
Mercure.	+ 29	— 0	+ 2	— 0

Dans la premiere Table, les degrés sont indiqués par *D*, les minutes par *M*, les secondes par *s*; mais dans les deux dernieres colonnes, l'*S* indique des signes dont chacun, comme tout le monde sait, vaut 30 degrés; dans la derniere Table, l'*s* indique des secondes.

révolution anomalistique. Elle est un peu plus longue que la révolution par rapport aux équinoxes, parce que le mouvement de l'aphélie se faisant selon l'ordre des signes, lorsque la planete, après une révolution, répond au même point du ciel, l'aphélie se trouvant plus avancée vers l'orient, la planete est obligée d'em-

M. de Lalande, ayant discuté avec beaucoup de soin toutes les observations anciennes & modernes, a trouvé le progrès annuel des absides comme dans la Table ci-jointe; il a aussi donné la quantité du mouvement annuel des nœuds & leur position pour 1750, comme on le voit dans la Table qui suit celle-ci.

PLANETES.	*Longitude de l'Aphélie en 1750.*				*Mouvement Séculaire de l'Aphélie.*		
	S.	D.	M.	s	D.	M.	s
MERCURE.	8.	13.	33.	3	1.	57.	40
VÉNUS.	10.	8.	13	0	4.	10.	0
TERRE.	9.	8.	38.	4	1.	49.	10
MARS.	5.	1.	28.	24	1.	51.	40
JUPITER.	6.	10.	22.	31	1.	43.	20
SATURNE.	8.	29.	53.	30	2.	23.	20

ployer un certain temps pour l'atteindre.

La poſition apparente d'une planete vue de la terre, dépend non

PLANETES.	*Nœud en 1750.*	*Mouvement Annuel.*
	S. D. M. s	s.
MERCURE.	1. 15. 21. 15	45.
VÉNUS.	2. 14. 26. 18	31.
MARS.	1. 17. 36. 30	40.
JUPITER.	3. 8. 16. 0	60.
SATURNE.	3. 21. 31. 17	30.

Dans ces Tables, la lettre *s* indique des ſecondes, & la lettre *S* des ſignes; on voit dans la derniere colonne le mouvement annuel du nœud qui eſt un effet de l'attraction, comme on pourra le conclure de ce que nous dirons dans la ſuite; mais quoique ce mouvement ſoit rétrograde ſur l'orbite de la planete qui le produit, néanmoins il peut être direct, quand on le rapporte à l'écliptique; c'eſt ainſi que le nœud de Jupiter, qui eſt rétrograde ſur l'orbite de Saturne, qui en eſt la cauſe principale, devient direct quand on le rapporte à l'écliptique: mais nous développerons cette théorie en parlant de la rétrogradation des nœuds de la lune.

ſeulement du point de l'eſpace où elle ſe trouve réellement, mais encore du lieu où elle eſt vue ; ainſi, pour qu'une planete revienne pour nous à la même longitude où elle s'eſt trouvée une fois, il eſt néceſſaire que la terre & la planete ſoient chacune au même point de leur orbite ; Mercure doit ſe retrouver à la même place par rapport à nous, après 13 ans & 3 jours ; ce ſera ſeulement 13 années & 2 jours, s'il ſe trouve 4 biſſextiles dans les 13 années ; parce que dans cet intervalle il fait 54 révolutions, & 2 degrés 55 minutes de plus. La poſition de Vénus par rapport à la terre, ſe trouve à peu près la même au bout de 8 ans ; car elle ſe trouve alors à 1 degré 32 minutes ſeulement du lieu où elle étoit, tandis que la terre ſe trouve ſeulement 4 minutes plus loin ; de maniere que la ſituation apparente de Vénus, eſt à peu près la même 2 jours auparavant ; Mars en 79 ans & 4 jours, (ce ſeroit un jour de moins s'il y avoit 20 biſſextiles), ſe trouve avoir une ſituation apparente à peu près ſemblable. La pé-

riode de Jupiter est à peu près de 12 années & 5 jours. Saturne en 59 ans & 2 jours, change d'un degré 45 minutes, & la terre d'un degré 41 minutes ; ainsi ces deux planetes se trouvent dans cet intervalle de temps à peu près à la même situation respective : ce seroit 59 ans & 3 jours, s'il se trouvoit dans cet intervalle une année séculaire comme 1700, dont on supprime la bissextile, suivant les regles du calendrier Grégorien.

Il est facile de rendre raison des différentes phases de la lune. Soit le soleil en *S* (*fig.* 33), la terre en *T*, si la lune se trouve dans sa conjonction, c'est-à-dire, entre la terre & le soleil, il est facile de voir qu'elle tourne alors vers nous sa partie obscure *O*, & la partie *E*, que le soleil éclaire, devient invisible pour les habitans de notre globe : cela arrive dans la nouvelle lune. Au contraire, quand la lune est opposée au soleil, nous voyons son hémisphere éclairée *L*, parce que nous sommes placés du même côté où l'astre est éclairé ; c'est pourquoi la lune nous paroît pleine, ronde & lumineuse, elle est alors en opposi-

tion. Quand la lune eſt éloignée de 90 degrés du ſoleil ou environ, c'eſt-à-dire, à peu près à moitié chemin de *O* en *L*, ou de la conjonction à l'oppoſition, l'hémiſphere viſible eſt *A Q Z*; l'hémiſphere éclairé par le ſoleil, eſt *Q Z M*; ainſi nous ne voyons que la moitié de cette hémiſphere, c'eſt-à-dire, un quart de ſphere, qui paroît comme un demi-cercle lumineux, tel qu'il eſt repréſenté en *N*. Lorſque la lune eſt à 45 degrés du ſoleil, les Aſtronomes diſent qu'elle eſt dans ſon premier *octant*; parce que 45 degrés ſont la huitieme partie d'un cercle dont la circonférence vaut toujours 360 degrés. Dans ce cas la partie éclairée, celle qui regarde le ſoleil, eſt *F D C*, & la partie tournée vers la terre, eſt *D C B*; enſorte que nous n'appercevons que la partie *D C* de l'hémiſphere éclairée, & alors nous voyons la lune ſous la forme d'un croiſſant, tel qu'il eſt repréſenté en G; la plus grande diſtance entre les deux arcs, qui forment le croiſſant, eſt repréſentée par la corde de l'arc C *D*, & cette diſtance va enſuite

en diminuant ; de maniere que les extrêmités de ces arcs sont placées aux extrêmités de la ligne dans laquelle se coupent les deux cercles *C F* & *B D* ; or, cette ligne est toujours un diametre de la planete ; c'est pourquoi les cornes d'un croissant sont toujours éloignées d'un demi-cercle. Ce dernier cercle *B D* dont on n'a représenté que le diametre, (non plus que de l'autre), se confond dans la figure avec l'arc correspondant *B D* de l'orbite lunaire, & sépare toujours la partie de la lune, qui est tournée vers la terre, de celle que nous ne pouvons pas voir. Lorsque la lune se trouve en *K* dans le 3e octant, c'est-à-dire, entre le premier quartier & l'opposition, elle paroît sous la forme *R*. La figure fait assez voir que dans le 5e octant en *V*, elle doit paroître sous la même forme ; & dans le 7e octans *X*, elle doit avoir la figure d'un croissant *Y*. Après la nouvelle lune, on remarque toujours que le croissant est accompagné d'une lumiere foible, répandue sur le reste du disque qui nous fait entrevoir toute la rondeur de la lune : c'est ce

qu'on appelle la *lumiere cendrée.* Ce phénomene vient de la lumiere du soleil, que la terre réfléchit alors vers la lune; quand la lune est nouvelle, la terre est proprement pleine pour l'observateur qui seroit placé dans la lune, comme dit Hevelius; cette lumiere étant renvoyée vers notre globe, nous fait appercevoir la lune. Nous l'appercevrions toute entiere lorsqu'elle est en conjonction, si la lumiere du soleil n'absorboit entierement cette lueur terrestre, réfléchie par le globe lunaire; mais quand l'astre du jour est couché, & le crépuscule presque fini, la lumiere cendrée se rend sensible. Elle est cause de la dilatation apparente du croissant lumineux, dont le diametre paroît beaucoup plus grand que celui du disque obscur de la lune, parce qu'une grande lumiere placée à côté d'une petite, l'efface & l'absorbe. L'air ambiant éclairé par la lune, augmente aussi cette illusion. M. Bouguer a trouvé que la lumiere de la lune est 300000 fois plus foible que celle du soleil : il ne faut donc pas s'étonner si étant rassemblée au foyer d'un

verre ou d'un miroir ardent, elle ne produit aucun effet ſenſible ſur le thermometre.

Cette planete ſe meut autour de la terre, dans l'eſpace de 27 jours & quelques heures, comme nous l'avons remarqué ci-devant ; mais ſa révolution ſynodique, ou ſon retour à une même phaſe, ou l'intervalle qu'il y a entre une nouvelle lune & l'autre, eſt de 29 jours 12 heures 44 minutes 3 ſecondes ; c'eſt ce qu'on appelle *lunaiſon*. En effet, pendant que la lune fait ſa révolution *ſydérale*, qui, ſelon M. de Lalande, eſt de 27 jours 7 heures 43 minutes 11 ſecondes & $\frac{1}{2}$ (1), le ſoleil, par le mouvement annuel de la terre, paroît s'avancer vers l'orient d'environ 27 degrés ; & la lune ne peut atteindre cet aſtre que dans environ 2 jours $\frac{1}{2}$. Au reſte, la durée de cette révolution moyenne n'eſt pas toujours la même, (nous en donnerons la raiſon dans la ſuite), & le mois lunaire paroît actuellement de

(1) La révolution périodique qui a rapport aux équinoxes, eſt plus petite de 7 ſecondes.

22 tierces (1), plus court qu'il n'étoit il y a deux mille ans. Son *apogée*, c'est-à-dire, le point où la lune se trouve le plus éloignée de la terre, avance d'environ 3 degrés à chaque révolution, & fait le tour du ciel dans environ 9 ans (2). L'orbite de cette planete est inclinée sur le plan de l'écliptique d'environ 5 degrés. Cette inclinaison n'est que de 5 degrés dans les pleines & nouvelles lunes qui arrivent, lorsque la planete est à 90 degrés des nœuds; mais elle se trouve de 5 degrés 17 $\frac{1}{2}$ minutes dans les quadratures: l'inclinaison moyenne est d'environ 5 degrés 9 minutes. Le *nœud ascendant*

(1) Une tierce est la 60e partie d'une seconde.

(2) L'apogée de la lune fait le tour du ciel en 3231 jours, huit heures, 34 minutes, 57 secondes $\frac{1}{2}$, par rapport aux équinoxes; & en 3232 jours, 11 heures, 14 minutes, 31 secondes, par rapport aux étoiles: c'est à peu près 9 ans. Lorsque la lune est apogée, son diametre apparent est vu sous un angle de 29 $\frac{1}{2}$ minutes; 14 jours après, il paroît sous un angle de 33 $\frac{1}{2}$ minutes, lorsque la lune est *périgée*, c'est-à-dire lorsqu'elle est dans sa basse abside.

de la lune, ou celui par lequel elle passe de la partie australe dans la partie boréale de son orbite, se nomme quelquefois la *tête du dragon*, & son nœud descendant s'appelle quelquefois la *queue du dragon*. Le lieu du nœud ascendant de la lune, au commencement de 1772, étoit de 7 signes, 4 degrés 46 minutes. Les observations ont fait voir qu'il a un mouvement rétrograde, de maniere que les nœuds de cette planete font une révolution entiere contre l'ordre des signes en 18 années communes, & 228 jours, ou en 6798 jours, 4 heures 52 minutes, 52 secondes $\frac{3}{10}$, par rapport aux équinoxes; & de 6803 jours, 2 heures, 55 minutes 18 $\frac{4}{10}$ secondes, par rapport aux étoiles. Sa *parallaxe* dans la moyenne distance est de 58 minutes 3 secondes; la plus grande parallaxe de la lune, lorsqu'elle est dans son périgée & en opposition, est de 61 minutes 25 secondes; la plus petite parallaxe, qui a lieu dans l'apogée en conjonction, est d'environ 53 minutes 53 secondes. La parallaxe du soleil n'est que d'envi-

ron 8 $\frac{1}{2}$ ſecondes ; & cet aſtre eſt 400 fois plus éloigné de nous que la lune ; car les parallaxes horizontales, deſquelles ſeules il eſt ici queſtion, étant, comme nous l'avons dit ailleurs en raiſon inverſe des diſtances des aſtres à la terre, la lune dont la parallaxe eſt 400 fois plus grande que celle du ſoleil, doit être 400 fois plus près de nous que cet aſtre.

31. Si le mouvement de la lune ſe faiſoit dans le plan de l'écliptique, dans lequel ſe trouvent toujours le ſoleil & la lune, toutes les fois que la lune ſe trouveroit dans ſa conjonction en *E* (*fig.* 33), c'eſt-à-dire, entre le ſoleil & la terre, il y auroit *éclipſe de ſoleil* ; parce que la lune ſe trouvant entre l'obſervateur & le ſoleil, l'empêcheroit de voir cet aſtre à l'ordinaire. De même ſi la lune étant dans l'oppoſition *L*, elle ſe trouvoit dans le plan de l'écliptique, ou dans la ligne des nœuds, la terre *T* intercepteroit la lumiere du ſoleil, & la lune ſe trouvant dans l'ombre de la terre, ſeroit éclipſée. La *fig.* 34 fait voir qu'il y a éclipſe de ſoleil pour tous les peuples qui ſe trouvent dans l'om-

bre de la lune. La *fig.* 35 nous fait voir que l'éclipſe de lune arrive lorſque cette planete ſe trouve dans l'ombre de la terre. L'éclipſe eſt *partiale* ou *totale*, ſelon que l'aſtre eſt en partie ou totalement obſcurci. L'éclipſe totale eſt dite *centrale*, lorſque les centres de la terre & de la lune ſe trouvent dans la même ligne. La lune faiſant ſa révolution dans une orbite inclinée à l'écliptique d'environ 5 degrés, elle s'éloigne tous les mois du plan de l'écliptique de cette quantite (1); & comme l'axe de l'ombre terreſtre, ombre qui a la figure d'un cone, ſe trouve toujours dans le plan de l'écliptique, auſſi-bien que le ſoleil & la terre, on n'aura point d'éclipſe de lune, ſi dans l'oppoſition cette planete ne ſe trouve ou dans le nœud ou près du nœud; & c'eſt la raiſon pour laquelle les éclipſes de lune n'arrivent pas

(1) C'eſt-à-dire que quand la lune eſt éloignée de 90 degrés de la ligne dans laquelle ſon orbite rencontre l'écliptique, l'arc du cercle de latitude compris, entre la lune & le plan de l'écliptique, eſt alors d'environ 5 degrés.

tous les mois. Toutes choſes d'ailleurs égales, *l'éclipſe de lune eſt plus grande, lorſque cette planete eſt périgée que quand elle eſt apogée, & en général lorſqu'elle eſt plus près de la terre, que lorſqu'elle en eſt plus éloignée*; parce qu'alors le diametre de l'ombre terreſtre que la lune traverſe ſe trouve plus long. *La même choſe a lieu lorſque la terre eſt aphélie*, parce que plus la terre eſt éloignée du ſoleil, plus ſon ombre eſt longue, & plus le diametre de cette ombre, à une diſtance donnée de la terre eſt conſidérable. *L'éclipſe centrale dure plus long-temps lorſque la lune eſt apogée, que quand elle eſt périgée, & lorſque la terre eſt périhélie, que quand elle eſt aphélie.* En effet, lorſque la lune eſt apogée, ſon mouvement eſt plus lent; car nous avons remarqué ci-devant que la vîteſſe d'une planete ſe ralentit à proportion qu'elle s'éloigne du foyer vers lequel eſt dirigée la force centrale; ainſi la lune doit employer plus de temps à traverſer l'ombre terreſtre. Lorſque la terre eſt périhélie, ſon mouvement eſt plus prompt; & comme ſon ombre va dans

le même ſens que la lune, elle accompagne plus long-temps cette planete.

32. Dans l'éclipſe lunaire, les rayons ſolaires qui paſſent à travers l'athmoſphere terreſtre, convergent vers l'axe de l'ombre de notre globe, parviennent juſqu'à la lune, qui paroît éclairée d'une lumiere foible. L'eſpace compris entre l'ombre de la terre, ou de la lune, & le point où la lune, ou la terre commence à n'être plus éclairée par tout le diſque ſolaire, s'appelle *penombre*. Ainſi dans les *figures* 34 & 35, les eſpaces *a M* & *b N* repréſentent la penombre. On remarque dans la couleur des éclipſes de lune des différences conſidérables; lorſque cette planete eſt apogée, elle traverſe le cone d'ombre plus près de ſon ſommet; elle paroît plus lumineuſe & plus rouge que quand les éclipſes arrivent dans les périgées; car dans les périgées, les rayons réfractés par l'athmoſphere terreſtre, qui ſe diſperſent dans l'ombre, ne parviennent pas juſqu'au centre de l'ombre, qui eſt trop large dans ce point-là; & la lune étant plus près de notre glo-

be, l'obſcurité qu'il produit ſur la lune eſt plus conſidérable. C'eſt la raiſon pour laquelle on obſerve quelquefois des éclipſes, où la lune diſparoît entierement. « Hevelius, en parlant de l'éclipſe du 25 Avril 1642, aſſure qu'on ne diſtinguoit pas, même avec des lunettes, la place de la lune, quoique le temps fût aſſez beau pour voir les étoiles de la cinquieme grandeur; mais il eſt fort rare que la lune diſparoiſſe ainſi totalement dans les éclipſes ». On ſait que les éclipſes de lune commencent du côté de l'orient, ce qui vient de ce que cette planete ſe mouvant d'occident en orient, ſa partie orientale entre la premiere dans l'ombre de la terre. Lorſque l'éclipſe eſt partiele, on la voit en forme d'arc, ce qui prouve que l'ombre terreſtre a la figure d'un cone, ou d'un pain de ſucre; mais avec un peu d'attention on comprend facilement que les ombres des ſeuls corps ſphériques peuvent avoir cette figure. Il eſt évident encore que le ſoleil eſt plus gros que la terre; car ſi cet aſtre étoit plus petit que notre globe, l'ombre ter-

reſtre iroit en s'élargiſſant à l'infini ; ſi le ſoleil étoit égal à la terre, l'ombre de notre globe ſeroit cylindrique, & s'étendroit à l'infini ; de maniere que Mars, Jupiter & Saturne pourroient être éclipſés dans leur oppoſition, ce qui eſt contraire aux obſervations Aſtronomiques.

Les éclipſes de ſoleil ſont centrales, lorſque la lune nouvelle ſe trouve dans le nœud. Si alors le ſoleil eſt périgée, & la lune apogée, le diametre apparent de cette planete eſt plus petit que celui du ſoleil, & l'on voit alors les limbes du diſque ſolaire ſous la forme d'un anneau lumineux, le reſte de ce même diſque étant caché par la lune : cette éclipſe eſt appellée *annulaire.* Si le ſoleil eſt apogée, & la lune périgée, le diametre apparent de la lune eſt un peu plus grand que celui du ſoleil, & l'éclipſe ſolaire eſt totale relativement aux peuples qui ſe trouvent plongés dans l'ombre de la lune, mais non pas à l'égard de tout l'hémiſphere tourné vers la lune, puiſque cette planete eſt plus petite que la terre. Un obſervateur, par rapport auquel la

lune ne cacheroit qu'une partie du ſoleil, auroit une éclipſe partiele. Les éclipſes totales du ſoleil ſont fort rares, elles ne reſtent telles que pendant peu de temps; car le diametre apparent de la lune ne ſurpaſſant celui du ſoleil que d'environ 2 minutes de degré, & lui étant quelquefois égal, les parties occidentales du ſoleil reparoiſſent bientôt. D'autre côté, l'ombre de la lune parcourt rapidement diverſes parties de la ſurface de notre globe, faiſant environ 12 lieues par minute. Mais les éclipſes de la lune ſont plus longues que celles du ſoleil, parce que l'ombre terreſtre eſt plus grande que celle de la lune: & comme la lune parcourt la moitié d'un degré par minute, les éclipſes de ſoleil peuvent durer 2 heures, & ceux de lune 4 heures. Une éclipſe de ſoleil commence toujours par la partie occidentale; car le mouvement de la lune ſe faiſant d'occident en orient, lorſque cette planete s'avance vers la conjonction, elle a le ſoleil à l'orient, & atteint ſa partie occidentale, avant de parvenir juſqu'à ſa partie orien-

tale (1). Le ſpectacle d'une éclipſe totale du ſoleil eſt une choſe fort ſinguliere. « Clavius, qui fut témoin de celle du 21 Août 1560, à Conimbre, nous dit que l'obſcurité

(1) Si la lune, au moment de ſon oppoſition vraie, eſt aſſez loin de ce nœud pour que ſa latitude ſoit de plus de 64 minutes, il ne ſauroit y avoir d'éclipſe, parce que le demi-diametre de l'ombre de la terre, meſuré dans la circonférence de l'orbite lunaire, n'eſt que d'environ 47 minutes, & le demi-diametre de la lune d'environ 17 minutes; ainſi, pour que les bords de la lune puiſſent toucher l'ombre de la terre, il faut que la diſtance de leur centre ne ſurpaſſe pas 64 minutes; & ſi cette diſtance eſt de plus de 30 minutes, l'éclipſe ne ſauroit être totale. Les anciens ont remarqué que s'il arrivoit une éclipſe un certain jour, il en revenoit une ſemblable au bout de 18 ans & 10 jours, lorſque le ſoleil avoit fait 18 révolutions avec 10 degrés 40 minutes : dans cet intervalle, toutes les inégalités de la lune avoient eu leur cours, & recommençoient toutes enſemble, ſoit en latitude, ſoit en longitude. Halley appelle cet intervalle *ſaros*, *période chaldaïque* ou *période de Pline* : il y a apparence que c'eſt par le moyen de cette période que Thalès prédit cette éclipſe qui arriva 603 ans avant Jeſus-Chriſt. Méton, qui vivoit environ 430 ans avant Jeſus-Chriſt, avoit reconnu, ou plutôt appris des Orientaux,

étoit, pour ainsi dire, plus grande, ou du moins plus sensible & plus frappante que celle de la nuit; on ne voyoit pas où pouvoir mettre le pied, & les oiseaux retomboient vers la terre par l'effroi que leur causoit une si triste obscurité ». Il y aura une éclipse annulaire à Paris le 9 Octobre 1847.

33. Les satellites de Jupiter & ceux de Saturne peuvent s'éclipser comme la lune, qui est le satellite de la terre. Supposons un observateur placé sur le soleil *S* (*fig. 36*), *I* la planete de Jupiter, *M I K* une partie de l'orbite de cette planete, *B G A D* l'orbite d'un de ses satellites, les points *D* & *G* où l'orbite du satellite coupe

---

qu'en 19 années solaires il se passoit 235 mois lunaires : cette déterminaison est en défaut d'un jour sur 312 ans : mais cette découverte parut si belle que les Grecs en graverent les calculs en lettres d'or. On appelle *cycle lunaire* la révolution de 19 ans qui ramene les nouvelles lunes aux mêmes jours de l'année civile ; & le *nombre d'or* est celui qui indique l'année du cycle lunaire : il est marqué par 1 toutes les fois que la nouvelle lune arrive le premier Janvier, comme en 1767.

*

l'orbe de la planete, ſont les termes de la plus grande digreſſion orientale & occidentale. Le point G eſt ſuppoſé à l'occident, & le point *D* à l'orient de la planete. Maintenant l'obſervateur ayant conſidéré avec attention les ſatellites de Saturne, de Jupiter, & de la terre, conclura que le temps des révolutions ſynodiques, (c'eſt-à-dire du retour à la conjonction,) & la quantité des plus grands écarts des ſatellites de Saturne, de Jupiter, & de la terre, par rapport au centre de leur planete, ſont tels, à très-peu près, que l'indique la la Table ſuivante, qu'on trouve dans l'Aſtronomie de M. de la Caille.



Révolutions

Révolutions Synoniques, ou temps employés par chaque Satellite à retourner dans la digreſſion du même côté.					*Plus grande Digreſſion orientale & occidentale du Satellite, meſurée en demi-diametres de ſa Planete principale.*
Ceux de Saturne.					
	Jours,	H.	Min.	s.	
I.	1.	21.	18.	27	8 $\frac{7}{8}$.
II.	2.	17.	41.	22	11 $\frac{1}{4}$.
III.	4.	12.	25.	12	15.
IV.	15.	22.	41.	14	36.
V.	79.	7.	48.	0	108.
Ceux de Jupiter.					
I.	1.	18.	28.	36	5 $\frac{2}{3}$.
II	3.	13.	18.	52	9.
III.	7.	3.	59.	40	14 $\frac{1}{3}$.
IV.	16.	18.	5.	6	25 $\frac{1}{3}$.
La Lune.					
	29.	12.	44.	3	60 $\frac{1}{2}$.

Les révolutions périodiques des ſatellites de Jupiter & de Saturne ſont telles qu'on les voit dans la Table ſuivante ; & l'on peut remarquer que la digreſſion GID eſt ſenſiblement égale au demi-diametre de l'orbite du ſatellite. Lorſque le ſatellite ſe trouve en O dans la ligne qui paſſe par le ſoleil, & le centre

Satellites de *Jupiter*.				
	Jours,	Heures,	Minutes,	Secondes.
I.	1.	18.	28.	36
II.	3.	13.	17.	54
III.	7.	3.	59.	36
IV.	16.	18.	5.	7

Satellites de *Saturne*.				
	Jours,	Heures,	Minutes,	Secondes.
I.	1.	21.	18.	27
II.	2.	17.	44.	22
III.	4.	12.	25.	12
IV.	15.	22.	34.	38
V.	79.	7.	47.	0

de la planete principale, il eſt éclipſé; mais s'il ſe trouve en *C* dans la même ligne, c'eſt-à-dire, dans la conjonction inférieure, il cachera le ſoleil aux habitans de la planete qui ſeront plongés dans ſon ombre, en formant une éclipſe de ſoleil, par rapport à ces habitans (1). Comme

(1) L'intervalle entre deux éclipſes d'un ſatellite de Jupiter, eſt égal à une révolution du ſatellite, plus, le temps qu'il lui faut pour atteindre l'ombre de Jupiter, qui s'eſt avancée autant que Jupiter lui-même, dont le mouvement n'eſt pas uniforme dans ſon orbite; ainſi les éclipſes ne doivent pas revenir dans des intervalles de temps égaux. Les durées des éclipſes des ſatellites de Jupiter, quand ils traverſent l'ombre de la planete par le centre, ſont telles que l'indique la Table ſuivante.

I.	1 Heure,	7 Minutes,	55 Secondes.
II.	1.	25.	40
III.	1.	47.	0
IV.	2.	23.	0

On peut employer les éclipſes de ces ſatellites, pour déterminer les longitudes des différens lieux de la terre, de la même maniere que ceux de la lune.

le plan des orbites des satellites est incliné sur celui de l'orbite de la planete principale, les satellites ont leur nœud relativement à l'orbite de leur planete. Nous appellerons *nœud ascendant* celui au-delà duquel les conjonctions supérieures commencent à se faire au nord de la planete principale. Les plans des orbes des 4 premiers satellites de Saturne sont inclinés sur celui de l'orbite de leur planete d'environ 30 degrés, & celui du cinquieme d'environ 15 degrés. L'inclinaison des orbites de ceux de Jupiter, sur l'orbe de leur planete principale est d'environ 2 degrés 55 minutes. Le nœud ascendant des cinq satellites de Saturne, est vers le 20ᵉ degré du verseau, en comptant depuis la premiere étoile du belier; parce que depuis ce point jusqu'au 20ᵉ degré du lion, les conjonctions supérieures se font au nord du centre de Saturne. Le nœud ascendant des satellites de Jupiter, est dans le 15ᵉ degré du capricorne. Ces nœuds & cette inclinaison ne sont pas sujets à des variations considérables. Mais le nœud

de la lune rétrograde tous les ans de 19 degrés 20 minutes, selon M. de la Caille. Lorsque l'orbite d'un satellite embrasse de fort près la planete principale, & que le plan de cette orbite est peu incliné à celui de l'orbe de la planete principale, il est évident que dans toutes les conjonctions inférieures, ce satellite doit cacher à l'observateur que nous supposons sur le soleil, une partie de la surface de la planete, & jetter successivement son ombre sur tous les points de cette surface, qui se trouvent dans la route de cette ombre, ce qui doit y causer une éclipse de soleil; mais dans toutes les conjonctions supérieures, ce satellite doit traverser l'ombre de la planete, & s'éclipser. Au contraire, lorsque l'orbite d'un satellite est fort considérable, comme sont celles du quatrieme & cinquieme satellite de Saturne, celle du quatrieme satellite de Jupiter, & celle de la lune; il est clair que dans les conjonctions inférieures, qui se font loin des nœuds, le satellite ne peut cacher au soleil aucune partie de la planete, ni par conséquent

éclipſer cet aſtre; & dans les conjonctions ſupérieures la planete ne cache pas le ſatellite au ſoleil, & il n'y a point d'éclipſe de ſatellite : *c'eſt pourquoi les éclipſes n'arrivent que lorſque les ſyzygies ſe font près des nœuds des orbites de ces ſatellites.* Les éclipſes peuvent être plus ou moins conſidérables, ſelon la poſition de la planete & du ſatellite. A l'égard des habitans de la planete, qui ſont ſitués vers les poles, l'éclipſe de ſoleil n'arrive que lorſque le ſatellite a un peu de latitude, de même dénomination que la hauteur du pole, par rapport à l'horizon de ces habitans. C'eſt la raiſon pour laquelle les éclipſes de ſoleil ne ſont conſidérables à Paris, dont la hauteur du pole nord eſt de 48 degrés 51 minutes, que lorſque la lune en conjonction a 30 ou 40 minutes de latitude boréale. Mais dans les *conjonctions ſupérieures écliptiques*, lorſque le ſatellite s'enfonce dans l'ombre, ſa lumiere paroît s'effacer, de quelque point du monde qu'il ſoit vu ; *c'eſt pourquoi les éclipſes de ſatellites ſont univerſelles, mais les éclipſes de ſoleil ne ſe font qu'à*

l'égard de quelques habitans de la planete principale.

Les éclipses de satellites étant universelles, commencent & finissent en même temps pour tous ceux qui peuvent les appercevoir; *deux observateurs ne doivent remarquer aucune différence dans les phases d'une éclipse de satellite, en quelqu'endroit de la surface de la planete qu'ils soient situés, pourvu que le satellite soit visible à tous deux.* Il faut cependant faire attention que le mouvement de la lumiere qui n'est pas instantané, doit être cause qu'une éclipse vue de de différens points de l'univers, doit paroître arriver d'autant plus tard, que l'œil de l'observateur est plus éloigné de la planete ou du satellite. On observe en effet, (dit M. de la Caille), que toutes choses d'ailleurs égales, les éclipses des satellites de Jupiter, observées de dessus la terre, arrivent plus tard d'environ 8 min. de temps, lorsque Jupiter est près de ses quadratures avec le soleil, que lorsqu'il est en opposition. Or, cette planete en quadrature est à l'égard de la terre, à peu près autant éloi-

gnée de la terre que du ſoleil ; & lorſqu'elle eſt en oppoſition, elle eſt plus près de la terre que du ſoleil, de toute la diſtance du ſoleil à la terre ; d'où il ſuit que, ſelon ces obſervations, la lumiere emploie 8 minutes à parcourir cette diſtance ; & qu'ainſi, en ſuppoſant uniforme le mouvement de la lumiere, les rayons qui partent du ſoleil, n'arrivent à la terre qu'au bout d'environ 8 minutes de temps. Mais parce que la lune eſt environ 400 fois plus près de la terre que le ſoleil, la lumiere n'emploie pas une ſeconde & $\frac{1}{2}$ de temps à venir de la lune à la terre. C'eſt pourquoi l'on peut ſe diſpenſer d'avoir égard au mouvement de la lumiere, dans l'uſage qu'on fait des obſervations de la lune.

Si l'on conſidere le mouvement des ſatellites par rapport aux étoiles, un obſervateur placé ſur le ſoleil, verroit les trois premiers ſatellites de Saturne & le premier de Jupiter, ſtationnaires en deux points de leur orbite, ſavoir, après la digreſſion orientale, & après la digreſſion occidentale. Ils ſeroient directs par

rapport à lui, & leurs mouvemens ſe feroient ſelon l'ordre des ſignes, depuis leur ſtation occidentale, juſqu'à leur ſtation orientale. Il les verroit rétrogrades depuis leur ſtation orientale, juſqu'à leur ſtation occidentale. Dans leur digreſſion ; ces ſatellites ont la même vîteſſe que leur planete ; mais leur vîteſſe s'accélere depuis un point de ſtation, juſqu'à la conjonction ſuivante, & delà elle diminue juſqu'à la ſtation qui ſuit. Ils emploient plus de temps à aller de la digreſſion occidentale à la digreſſion orientale, que pour revenir de la digreſſion orientale à l'occidentale, quoique leur vîteſſe ſoit plus grande dans la conjonction ſupérieure, que dans la conjonction inférieure. Mais la lune, le quatrieme & cinquieme ſatellites de Saturne, les 2[e] 3[e] & 4[e] ſatellites de Jupiter, ſont toujours directs, & jamais ſtationnaires : nous ſuppoſons toujours que l'obſervateur eſt ſitué ſur la ſurface du ſoleil.

La vîteſſe des ſatellites eſt ſenſiblement uniforme, parce que leurs orbites ſont à peu près circulaires,

ou des ellipses qui approchent beaucoup de la figure du cercle. Supposons que la planete principale située en *I* se meut dans l'arc, & suivant la direction *I K*, en tirant du point *S* les tangentes *S D*, *S G*, à l'orbe du satellite, le point *G* marquera la digression occidentale, & le point *D* la digression orientale.

1°. (Dit M. de la Caille), quand le satellite est en *O* dans sa conjonction supérieure, alors la direction *O A* de son mouvement étant perpendiculaire au rayon *S O*, ou ce qui est la même chose, parallele & dans le même sens que la direction de la planete, le satellite rapporté à un point fixe, paroît aller avec une vîtesse égale à la somme de sa vîtesse réelle, & de la vîtesse réelle de la planete : donc alors la vîtesse apparente du satellite est directe, & la plus grande qu'il est possible.

2°. Quand le satellite est en *P*, entre la conjonction supérieure & sa digression orientale, alors la direction *P Q* de sa vîtesse étant oblique au rayon *S P*, on a la direction *I K*

de la planete ; l'œil en *S* ne voit pas la vîteſſe du ſatellite, telle qu'elle eſt réellement; mais il ne la voit que comme ſi elle étoit *P T*, & par conſéquent il la voit plus petite qu'elle n'eſt : donc le mouvement du ſatellite paroît direct encore, & égal à *P T*, plus la vîteſſe réelle de la planete : donc dans le paſſage de la conjonction ſupérieure à la digreſſion orientale, le ſatellite eſt direct; mais ſa vîteſſe apparente ſe ralentit de plus en plus, parce que ſa vîteſſe réelle devient de plus en plus oblique à l'œil de l'obſervateur.

3°. Quand le ſatellite eſt en *D* dans la digreſſion orientale, alors la direction *D R* de ſa vîteſſe étant confondue avec le rayon *S D*, le ſatellite ne doit paroître ſe mouvoir, ni ſuivant la ſuite des ſignes *I K*, ni contre la ſuite des ſignes *I M*; mais comme il reſte dans le même rayon *S D*, il paroîtroit immobile, s'il n'étoit entraîné par ſa planete. Donc dans la digreſſion orientale le ſatellite eſt direct, & ſa vîteſſe paroît préciſément égale à celle de la planete.

4°. Après que le satellite a passé la digression orientale, & qu'il se trouve vers *H*, la direction *H F* de sa vîtesse réelle est contre la suite des signes; mais comme elle est oblique au rayon *S H*, elle ne paroît être que de la quantité *H N*, & alors il peut arriver trois cas; ou *H N* est encore plus petite que la vîtesse réelle de la planete, selon la suite des signes, & par conséquent le satellite est emporté selon la suite des signes, par l'excès de la vîtesse réelle de la planete, sur la vîtesse apparente *H N* du satellite; ou *H N* est égale à la vîtesse réelle de la planete, selon la suite des signes, & par conséquent ces deux vîtesses se détruisent, & le satellite paroît immobile ou stationnaire; ou enfin *HN* est plus grande que la vîtesse réelle de la planete, & par conséquent le satellite paroît rétrograder, ou aller contre la suite des signes avec une vîtesse égale à l'excès de *H N*, sur la vîtesse réelle de la planete. Et parce que la direction de la vîtesse du satellite devient de moins en moins oblique au rayon tiré du soleil, en-

ſorte qu'elle lui eſt perpendiculaire en *C* dans la conjonction inférieure ; il ſuit que dans le paſſage du ſatellite, depuis ſa digreſſion orientale juſqu'à ſa conjonction inférieure, ſa vîteſſe contre la ſuite des ſignes paroît augmenter, & que ſon mouvement eſt composé de la différence de la vîteſſe réelle de la planete, avec la vîteſſe apparente du ſatellite. Donc dans le paſſage de la digreſſion orientale à la conjonction inférieure, le ſatellite paroîtra ſtationnaire, puis rétrogradera en accélérant ſa vîteſſe, ſi ſa vîteſſe apparente contre la ſuite des ſignes peut devenir égale, & ſurpaſſer enſuite la vîteſſe réelle de la planete, & c'eſt ce qui arrive au premier, ſecond & troiſieme ſatellite de ♄, & au premier ſatellite de ♃ (1) ; & il ne paroîtra ni ſtationnaire ni rétrograde, mais ſa vîteſſe paroîtra ſeulement diminuer, ſi ſa vîteſſe apparente contre la ſuite des ſignes ne peut égaler la vîteſſe réel-

(1) On doit ſe ſouvenir que le caractere ♃ indique Jupiter, & le caractere ♄ Saturne.

le de la planete, ſuivant la ſuite des ſignes ; & c'eſt ce qui arrive à la lune, au ſecond, troiſieme & quatrieme ſatellite de ♃, & au quatrieme & cinquieme ſatellite de ♄.

5°. Dans la conjonction inférieure en *C*, la direction *C B* de la vîteſſe réelle du ſatellite, contre la ſuite des ſignes, étant vue toute entiere, ſa différence avec la vîteſſe réelle de la planete, ſera la plus grande qu'il eſt poſſible. Donc dans la conjonction inférieure le ſatellite rétrograde avec une plus grande vîteſſe que dans tous les autres inſtans de ſa rétrogradation, ou bien il va ſelon la ſuite des ſignes, avec la moindre vîteſſe poſſible.

6°. Dans le paſſage de la conjonction inférieure, à la digreſſion occidentale en *G*, la direction de la vîteſſe réelle & rétrograde du ſatellite, devient de plus en plus oblique à l'œil de l'obſervateur, & paroît par conſéquent diminuer de plus en plus. Donc ſi le ſatellite paroiſſoit rétrograde dans la conjonction inférieure, il paroît diminuer ſa vîteſſe de plus en plus, & devenir enſuite

ſtationnaire, puis direct; ou s'il ne paroiſſoit pas rétrograde dans ſa conjonction inférieure, ſa vîteſſe apparente, ſelon la ſuite des ſignes, augmente de plus en plus.

7°. Dans la digreſſion occidentale *G*, il eſt clair que la vîteſſe apparente du ſatellite n'eſt égale qu'à la vîteſſe réelle de la planete, comme dans la digreſſion orientale *D*.

8°. Dans le paſſage de la digreſſion occidentale à la conjonction ſupérieure, la direction de la vîteſſe réelle du ſatellite eſt ſuivant la ſuite des ſignes, & elle devient de moins en moins oblique à l'œil de l'obſervateur; donc elle ſe joint à la vîteſſe réelle de la planete, & cette vîteſſe compoſée paroît augmenter de plus en plus juſqu'à la conjonction ſupérieure en *O*. Il eſt encore aiſé de comprendre, premierement, pourquoi la vîteſſe rétrograde du ſatellite, dans la conjonction inférieure, eſt moindre que ſa vîteſſe directe dans la conjonction ſupérieure, parce que l'une eſt la différence des vîteſſes réelles du ſatellite & de la planete, & l'autre eſt leur ſomme. En ſecond

lieu, pourquoi un satellite met plus de temps à venir de la digression occidentale à l'orientale, que pour aller de la digression orientale à l'occidentale; c'est parce que les rayons tangens *S D*, *S G*, ne peuvent pas embrasser entierement la moitié de l'orbe du satellite, mais seulement la partie *D C G*; car il faudroit que ces rayons fussent paralleles, & que par conséquent l'orbite du satellite fût comme infinement éloignée du soleil. Et de-là il suit que plus l'orbite d'un satellite est petite & éloignée du soleil, plus le temps de son passage, par le demi-cercle supérieur, approche d'être égal à celui de son passage par le demi-cercle inférieur (1).

34. L'attraction jouant un très-grand rôle dans le systême physique du monde, nous croyons devoir donner une idée des effets les plus remarquables qu'elle produit sur les planetes. Nous avons dit ci-devant

---

(1) Voici une Table extraite des leçons élémentaires d'Astronomie de M. de la Caille, qui pourra faire plaisir à plusieurs de nos lecteurs.

que les aphélies des planetes s'avançoient selon l'ordre des signes ; ce-

	Rapport du Rayon de l'Orbe de la Planete au Rayon de l'orbe de chaque Satellite.	*Rapport du temps de la Révolution de la Planete à celui de chaque Satellite.*	*Rapport de la Vitesse réelle de chaque Satellite à celle de la Planete.*
Pour Saturne.			
I.	2905 à 1	5702 à 1	5702 à 2905
II	2292 à 1	3932 à 1	3932 à 2292
III.	1719 à 1	2382 à 1	2382 à 1719
IV.	717 à 1	675 à 1	675 à 717
V.	238 à 1	135 à 1	135 à 238
Pour Jupiter.			
I.	1964 à 1	2449 à 1	2449 à 1964
II.	1236 à 1	1220 à 1	1220 à 1236
III.	778 à 1	606 à 1	606 à 778
IV.	443 à 1	260 à 1	260 à 443
La Lune.			
	340 à 1	12 $\frac{1}{3}$ à 1	12 $\frac{1}{3}$ à 340

de ſon orbite ; de maniere que, ſelon le calcul de M. de la Lande, cette accélération eſt de 30 ſecondes pour un ſiecle, c'eſt-à-dire, qu'après un ſiecle, la planete ſe trouve plus orientale de 30 ſecondes, qu'elle ne devroit l'être ſans cette accélération. L'orbite de Mars étant renfermée dans celle de Jupiter, cette premiere planete attire Jupiter en ſens contraire dans la conjonction, & tend à le rapprocher du ſoleil, tandis que Saturne fait effort pour l'en éloigner ; mais la force que Mars exerce ſur Jupiter, étant beaucoup plus petite que celle de Saturne, elle ne peut détruire entierement les efforts de cette derniere planete.

35. Suppoſons maintenant Jupiter en *m*, Saturne en *N* (*fig.* 38), l'attraction de Jupiter tendant à rapprocher Saturne du ſoleil, fléchit ſon mouvement de maniere que l'orbite qui n'auroit été perpendiculaire au rayon vecteur qu'en *D*, lui devient perpendiculaire en *B* ; la ligne *D A*, qui étoit celle des abſides dans la révolution précédente, ne peut plus l'être maintenant, & l'aphélie qui étoit en

D, ayant rétrogradé en *B*, la nouvelle ligne des absides sera *B b*. Mais quoique l'action de Jupiter tende à rapprocher Saturne du soleil dans l'aphélie, & à rendre son orbite plus circulaire, & par conséquent plus large, néanmoins ses distances moyennes au soleil ne peuvent augmenter dans une révolution d'une maniere capable d'augmenter sensiblement le temps de cette révolution. Cependant, en comparant les anciennes observations de Ptolomée & celles de Tycho, faites vers 1600, on a remarqué un ralentissement dans le mouvement moyen de Saturne, & ce ralentissement peut aller à 47 secondes environ par siecle. Le mouvement moyen de Saturne, a aussi d'autres inégalités qu'on ne sauroit attribuer à l'attraction de Jupiter; car dans les mêmes configurations avec Jupiter, on observe, sur-tout depuis le commencement de ce siecle, des variétés qu'on ne sauroit attribuer à l'action de cette derniere planete. Les dernieres révolutions de Saturne, different entr'elles de plus d'une semaine, & l'on ne sauroit

attribuer une ſi grande différence à l'action de Jupiter. Ce retardement ſenſible qu'on a obſervé, ſur-tout depuis 1770 juſqu'à 1773, dépend peut-être de l'attraction de quelque comete, qui en paſſant très-près de Saturne, aura exercé ſon action dans un ſens oppoſé à la direction du mouvement de la planete.

36. La lune, dont la maſſe n'eſt qu'environ la ſoixante-onzieme partie de celle de la terre, ainſi que nous l'avons prouvé dans le cinquieme volume de notre Cours complet de Mathématiques, décriroit une orbite circulaire, ou élliptique autour de la terre, ſi l'attraction du ſoleil ne s'y oppoſoit. Soit *P L* (*fig.* 39), une partie de l'orbite terreſtre, *P O B* l'orbite lunaire que nous ſuppoſerons d'abord circulaire, *T* la terre placée au centre de cette orbite. La lune en conjonction placée en *C*, & le ſoleil en *S*. L'attraction d'une planete, par rapport à une autre planete, pouvant s'exprimer par une fraction dont le numérateur eſt la maſſe de la planete attirante, & le dénominateur le quarré

de la distance entre le centre du corps attirant & celui de la planete attirée ; si l'on compare la force attractive du soleil sur la lune en conjonction au point *C*, avec la force attractive de la terre sur la même lune, en supposant les masses du soleil & de la terre, telles que nous le dirons dans la suite, on trouve que l'action du soleil sur la lune est plus grande que celle de la terre sur la même planete. C'est de-là que plusieurs Savans avoient conclu que le soleil devroit arracher la lune à la terre. Mais ils ne faisoient pas attention que la terre & la lune étant toutes les deux attirées par le soleil : la force avec laquelle cet astre tend à séparer la lune d'avec la terre, n'est que l'excès de son attraction par rapport à la lune, sur son attraction par rapport à la terre ; puisqu'en supposant que la lune & la terre sont également attirées par le soleil, la lune ne se séparerait jamais de la terre, quelle que fût la force du soleil ; mais l'excès dont nous venons de parler est plus petit que l'attraction que la terre exerce sur la lune ; ainsi nous ne

devons pas craindre que le ſoleil nous l'enleve.

Suppoſons maintenant la lune en *P* dans une des quadratures, elle ſera attirée par le ſoleil ſelon la ligne *P S* oblique, au mouvement de la lune, tandis que la terre eſt attirée ſelon la ligne *S T*. Si l'on décompoſe la force *P S* en deux autres, l'une *P E* parallele & égale à la force *S T* avec laquelle le ſoleil attire la terre, & l'autre *P T* dirigée vers la terre, on verra facilement que cette derniere force pouſſant la lune vers notre globe, augmente ſa peſanteur vers la terre. *Ainſi l'attraction ſolaire augmente la peſanteur de la lune vers la terre dans les quadratures.* Mais la lune ſe trouvant en *C*, l'action du ſoleil ſur la lune dont il eſt alors moins éloigné que de la terre, diminue ſa gravité ſur la terre. Quand la lune ſe trouve en oppoſition en *O*, elle eſt alors plus éloignée du ſoleil que la terre, celle-ci eſt plus attirée que la lune; *ainſi la gravité de la lune ſur la terre eſt diminuée dans les ſyzygies, & augmentée dans les quadratures.* Mais ſi la lune ſe

trouve

trouve entre les quadratures & les ſyzygies, en *B*, par exemple; & ſi nous ſuppoſons que la ligne *B D* repréſente l'attraction du ſoleil ſur la lune, on pourra, en faiſant le parallelogramme *B F D R*, la décompoſer en deux autres forces exprimées l'une par *B F*, parallele & égale à la ligne *S T*, que nous ſuppoſons repréſenter la force avec laquelle le ſoleil attire la terre; ainſi la ſeule force *B R* troublera le mouvement de la lune. Mais cette force étant oblique au mouvement de la lune, on peut la décompoſer en *B M* & *B N*: la premiere tend à éloigner la lune de la terre, ſelon la direction du rayon vecteur *T B*, tandis que la force *B N* perpendiculaire au même rayon vecteur, augmente la vîteſſe de la lune, lorſque celle-ci va de la quadrature *L* à la conjonction *C*; car alors elle conſpire avec la direction du mouvement de la lune. Mais ſi la lune alloit de la conjonction *C* à la quadrature *P*, cette même force ſeroit oppoſée au mouvement de cet aſtre, & diminueroit ſa vîteſſe. En un mot, en décompoſant convena-

blement la force du ſoleil ſur la lune ſituée entre les ſyzygies & les quadratures, *on verra que la vélocité de cette planete doit être accélérée, lorſqu'elle va de la ſeconde quadrature à la nouvelle lune, & de la premiere quadature à la pleine lune, & qu'elle doit être retardée lorſqu'elle va de la nouvelle lune à la premiere quadrature, & de la pleine lune à la ſeconde quadrature : c'eſt ce qu'on appelle la variation de la lune. Mais dans les quadratures & les ſyzygies, la force* BN *s'évanouiſſant, la vîteſſe n'eſt ni augmentée ni diminuée.*

Vers les quadratures le mouvement de la lune eſt ralenti, & ſa gravité ſur la terre augmentée; c'eſt pourquoi ſon orbite doit s'éloigner davantage des tangentes rectilignes, devenir plus courbe, & par conſéquent être plus applatie vers les ſyzygies; ainſi elle doit acquérir la figure d'une ellipſe, dont le grand axe feroit dirigé vers les quadratures, & le petit vers les ſyzygies; ce qui, ſans doute, doit paroître ſurprenant; parce que la gravité de la lune ſur la terre étant augmentée dans

les quadratures, & diminuée dans les ſyzygies, il ſemble que le contraire devroit arriver; mais on doit faire attention qu'en ſuppoſant la lune en quadrature au point *L* (*fig.* 39), ſon orbite ſuppoſée d'abord circulaire, ne peut plus reſter telle lorſque l'action du ſoleil aura augmenté la tendance de la lune vers la terre. Car alors cette planete doit abandonner l'arc circulaire *L B*, en s'approchant de la terre, & décrire l'arc *L t*, qui s'éloigne moins de la ligne *L P*, qui devient par conſéquent le grand axe de la nouvelle orbite; ainſi, quoiqu'en allant vers la conjonction *C*, la tendance de la lune vers la terre ſoit diminuée par l'action du ſoleil, cependant ſon mouvement tendant au paralleliſme avec la ligne *L P*, la lune ſera plus près de la terre dans la conjonction *C*, que ſi ſon orbite avoit été circulaire, & ſi ſa gravité vers la terre n'avoit pas été augmentée vers les quadratures. Mais la diminution de ſa gravité vers la terre, dans les ſyzygies, empêchera que l'applatiſſement de ſon orbite ne ſoit auſſi conſidéra-

ble qu'il l'auroit été, si l'on ne considéroit que l'augmentation de gravité dans les quadratures.

L'orbite lunaire se dilate pendant l'hiver, c'est-à-dire, lorsque la terre est périhélie; parce que le soleil étant alors plus près de notre globe, son action diminue dans les syzygies la gravité de la lune sur la terre, beaucoup plus que quand notre globe est aphélie; c'est pourquoi la lune s'éloignant encore davantage de la terre, soit dans la conjonction, soit dans l'opposition, son orbite doit se dilater, & par conséquent le temps de la révolution doit devenir plus long. *Mais en été, la terre étant aphélie, & le soleil diminuant moins la tendance de la lune vers la terre, l'orbite lunaire doit se contracter, & le temps de sa révolution doit être plus court.*

La diminution de la gravité de la lune sur la terre dans les syzygies, fait que le mouvement de la lune est moins fléchi vers les syzygies; & que par conséquent l'orbite lunaire devient plus tard perpendiculaire à son rayon vecteur, & que la

lune atteint plus tard ſon apogée, qui par conſéquent avance alors vers l'orient, ou ſelon l'ordre des ſignes. Cependant, lorſque la lune ſe trouve vers les quadratures, l'action du ſoleil augmentant la gravité de cette planete ſur la terre, le mouvement de la lune ſe fléchit beaucoup plus, & ſa direction tend à devenir plutôt perpendiculaire au rayon vecteur, & par conſéquent à faire rétrograder l'apogée. Mais parce que la diminution de la gravité de la lune vers la terre dans les ſyzygies eſt plus conſidérable que ſon augmentation dans les quadratures, comme le démontrent les Aſtronomes, le mouvement de l'apogée vers l'orient eſt plus grand que ſa rétrogradation vers l'occident. C'eſt pourquoi la ligne des abſides parcourt l'orbite lunaire d'occident en orient, en occupant tantôt les ſyzygies, tantôt les quadratures (1).

(1) La plupart des lecteurs qui entendent un peu les Mathématiques, ſeront bien aiſes de trouver ici une théorie plus développée des mouvemens de la lune; les autres peuvent paſſer cette note. Soit ſuppoſé le ſoleil en *S*

Les Astronomes ont remarqué que *l'excentricité de l'orbite lunaire est la plus petite possible lorsque la ligne des absides se trouve dans les quadratures*,

---

(*fig.* 40), la terre en T, la lune en L, dans une orbite $H\ F\ K\ E$, supposée circulaire, soit $H\,T\,K$, une portion de l'orbite terrestre supposée aussi circulaire, ayant mené les autres lignes que représente la figure, & considérant $T\,K$ comme un rayon de l'orbite lunaire, au centre de laquelle est placée la terre T, la ligne $S\,K$, perpendiculaire à l'arc ou à la ligne $T\,K$, peut être regardée comme une tangente de l'orbite lunaire, dont $S\,D$ est une sécante; ainsi, selon ce que nous avons dit dans la troisieme édition de nos Institutions Mathématiques, (Géométrie n° 47), l'on aura la proportion $SL : SK = ST :: ST : SD$. Supposons maintenant que l'on ait cette autre proportion $ST : SD :: SD : SB$, l'on aura cette progression ∺ $SL : ST : SD : SB$, ou en renversant, ∺ $SB : SD : ST : SL$; donc, selon ce que nous avons dit dans la troisieme édition de nos Institutions Mathématiques, (calcul n° 80,) l'on aura $SB : ST :: (SB)^2 : (SD)^2$; mais, selon ce que nous avons dit dans l'ouvrage cité (calcul n° 79,) l'on a $(SB)^2 : (SD)^2 : (ST)^2 : (SL)^2$; donc $SB : ST$ comme $(ST)^2 : (SL)^2$. Mais parce que la vîtesse avec laquelle la lune tend vers le soleil, est à celle avec laquelle la terre tend vers le même astre, comme le quarré de la distance

& la plus grande possible, lorsqu'elle occupe les syzygies ; cet effet dépend de l'action du soleil, qui, en augmentant la gravité de la lune vers la

---

S T du soleil à la terre ; au quarré de la distance *S L* de la lune au soleil, on pourra exprimer la tendance de la terre vers le soleil par *S T*, en exprimant celle de la lune vers le même astre, par *S B*. Cela posé, menons *B A*, parallele à *L T*, la force *S B* de la lune se décomposera en deux autres forces, c'est-à-dire en *B A* & *B P* = *A S*, & la force *A S* = *B P* peut être considérée comme composée de deux parties *B x* & *P x*, ou *A T* & *T S*. On peut donc considérer dans la lune trois différentes forces, savoir, *B A*, *A T*, *T S* ; on met *A T* & *T S* à la place de *B x* & *x P*, parce que la direction de ces dernieres forces étant parallele à celle de leurs égales, il en doit résulter le même effet. La force *T S*, parallele & égale à celle qui pousse le centre de la terre vers le soleil, ne trouble point le mouvement de la lune autour de notre globe : il nous reste donc à examiner les effets de deux forces *B A* & *A T* ; mais pour ne pas embrasser trop de difficultés, nous considérerons d'abord l'orbite lunaire, comme ayant à peu près une figure circulaire, dont le centre seroit occupé par celui de la terre.

La droite *S L* sera plus petite ou plus grande que *S T*, selon que la lune se trouvera au dessous ou au dessus de l'arc *H T K* ; par

terre dans les quadratures, empêche que la tendance de cette premiere planete vers notre globe ne ſuive la raiſon inverſe du quarré des diſtan-

exemple en L ou en l; mais dans le premier cas, à cauſe de la progreſſion dont nous avons parlé ci-deſſus, ÷ $SL : ST : SD : SB$, la droite TA ſera ſituée au delà de l'arc HK, tandis que dans le ſecond cas le point A ſera placé au deſſous de cet arc; & dans les deux cas, la force TA ſera dirigée reſpectivement à la lune, dans des points oppoſés, par rapport au plan HTK.

Pour avoir dans le premier cas la force perturbatrice TA, on ôtera la force TS, ou la force avec laquelle la terre tend vers le ſoleil, de la force AS; dans le ſecond cas, la force AS devenant égale à la force aS, on l'ajoutera avec la force aT, pour avoir une force égale à celle qui pouſſe la terre vers le ſoleil, & avec la force Ta qui lui eſt contraire; mais parce que la force Ta détruit la force aT, les choſes ſe paſſent comme ſi l'on avoit la ſeule force aS; car l'effet des forces combinées TS, & aT, eſt le même. La force TS ne trouble pas le mouvement de la lune autour de la terre, tandis que la force aT fait effort pour l'éloigner du plan HTK; & dans les ſyzygies F, E, elle tend à arracher la lune à la terre.

La force pertubatrice AT qui agit pour éloigner la lune de la terre, eſt égale à très-peu près au triple de la différence qu'il y a entre les diſtances de la lune & de la terre

ces. De maniere que dans les deux quadratures, le rapport de ces deux tendances approche plus du rapport d'égalité, ce qui doit diminuer l'ex-

---

au ſoleil, c'eſt-à-dire eſt $= 3\ (ST - SL) = 3\ LC$; car, à cauſe de la diſtance du ſoleil qui eſt preſqu'immenſe, relativement au diametre de l'orbite lunaire, on peut regarder SB comme parallele à SA, & ſuppoſer BA, ou $Tx = TL$, & $TA = LB$; mais $\div\ SB : SD : ST : SL$, donc l'on a les proportions $SB : SD :: SD : ST :: ST :: SL$, & *ſubtrahendo* $BD : SD :: DC : SC :: CL : SL$, & *alternando* $BD : DC :: SD : SC$, & $DC : CL :: SC : SL$; mais les termes de la derniere raiſon de la ſeconde proportion peuvent être conſidérés comme égaux, car leur différence ne peut jamais être plus grande que TF, qui ne va jamais à 65 demi-diametres terreſtres, tandis que SC en vaut plus de vingt mille, de maniere que la différence entre SC & SL, ne peut jamais être d'un $\frac{1}{3000}$ de SC: c'eſt pourquoi on peut ſuppoſer $SD = SC$ & $BD = DC = LC$, & par conſéquent $AT = 3\ LC$.

Puiſque BA eſt égale & parallele à LT, la force que cette ligne repréſente, augmente la gravité de la lune ſur la terre, & elle varie comme la diſtance de la lune à la terre. L'une & l'autre force AT & AB, eſt un peu plus grande dans la nouvelle lune F, que dans la pleine lune E, mais la différence eſt peu conſidérable.

centricité de l'orbite lunaire. Mais lorsque la ligne des absides se trouve dans les syzygies, l'excentricité de l'orbite lunaire doit augmenter; car

---

Soit dans la figure 41, n° 1 & 2, l'orbite *E L F K* la même que dans la figure précédente, avec la même droite *E T F*, représentons l'arc *H T K* de la figure précédente par le diametre *H K*, & menons les autres lignes que représentent les figures. il est visible que la ligne *L C* perpendiculaire à *H K*, pourra représenter la ligne *C L* de la figure précédente, parce que *S C* est perpendiculaire sur *H T K*, qu'on peut regarder comme une ligne droite; ainsi, dans les deux dernieres figures, les lignes *L T*, & 3 *C L* représenteront, & les directions de deux forces pertubatrices, & l'intensité de ces mêmes forces: la pleine lune arrivera en *E*, la nouvelle lune en *F*, & les quadratures en *H* & en *K*. Supposons maintenant que la lune se meut, selon la direction *FHE*, de maniere que *H* représente la quadrature après la nouvelle lune; & qu'on résolve la force *L C* en *C I* perpendiculaire à *L T*, & en *C p* égale *L I*: il sera facile d'en déduire les effets & les changemens de la force perturbatrice 3. *L C*.

La force *CI* ou *p L*, retarde ou accélere la vîtesse de la lune dans son orbite, selon que sa direction est contraire ou favorable au mouvement de cet astre. En effet, dans le premier & le troisieme quart de l'orbite, la figure du n° 1 fait voir que *C I* & *c i*, ont une direc-

alors l'action du soleil diminuant la gravité de la lune sur la terre, d'une quantité à peu près égale dans la conjonction & dans l'opposition, le

---

tion opposée au mouvement de la lune; mais dans le second & le quatrieme quart, la figure du n° 2 fait comprendre que les forces CI & ci, accélerent le mouvement de cette Planete autour de la terre, c'est-à-dire son mouvement angulaire. La force $3\ CI = 3\ Lp$ s'évanouit dans les syzygies, où les points L & l tombent, l'un sur le point F & l'autre sur le point E, les lignes CI & ci sur le point T: la même chose arrive dans les quadratures dans lesquelles les points L, C, I se confondent avec les points H & K. Enfin la force IL ou Cp, a toujours une direction opposée à la force LT, & diminue par conséquent la gravité de la lune vers la terre, que celle-ci augmente. Les lignes TL, LC, TC, étant entr'elles comme le rayon, le sinus & le co-sinus de l'angle HTL, & ce dernier angle étant le complément de l'angle $CLT = LTE$, qui n'est autre chose que l'angle de la distance à la syzygie, les lignes dont nous venons de parler sont entr'elles comme le rayon, le co-sinus & le sinus de l'angle de la distance à la syzygie; ainsi la force LT est à la force $3\ LC$, comme le rayon au triple sinus de la distance de la lune à la quadrature, ou au triple co-sinus de la distance à la syzygie.

Mais les triangles TCL, TCI, CIL, sont semblables, comme il suit de ce que

rapport entre les deux tendances dans l'oppoſition & dans la conjonction, doit devenir plus grand. Et par conſéquent la différence qu'il y

nous avons dit dans nos Inſtitutions Mathématiques, (Géométrie, n° 43;) donc $TL : TC :: LC : CI = \frac{TC.\,LC}{TL}$; ainſi $3\,CI = \frac{3TC.\,LC}{TL}$; donc la force LT eſt à la force $3\,CI$, comme $LT : \frac{3TC.\,LC}{TL} :: (LT)^2 : 3\,TC \times LC$, c'eſt-à-dire comme le quarré du rayon au triple produit du ſinus, par le co-ſinus de la diſtance à la ſyzygie, ou à la quadrature. Si (*figure* 41, n° 3), on prend la ligne LT des figures précédentes pour le diametre d'un demi-cercle, à cauſe de l'angle droit LCT, des *fig.* nos 1 & 2, il eſt viſible que le point C du triangle LCT tombera ſur la circonférence du demi-cercle LCT, de maniere que LT repréſentera la premiere force; & CI la premiere partie de la ſeconde force; mais CI eſt le ſinus de l'arc TC, ou de l'arc CL qui ſont les doubles meſures des angles CLT, CTL, dont le premier, dans les figures précédentes, repréſente la diſtance de la lune à la ſyzygie, tandis que le ſecond repréſente la diſtance de la lune à la quadrature: IL repréſente la ſeconde partie de la ſeconde force, qui par conſéquent eſt exprimée par le ſinus verſe de l'arc LC, ou de la double diſtance de la lune à la quadrature. C'eſt pourquoi la 1e force eſt à la 1e partie de la 2e, comme $LT : 3\,CI$; mais $LT : 3\,CI :: \frac{LT}{2} : \frac{3}{2}\,CI$; ainſi

a entre les diſtances de la lune à la terre dans les extrêmités de la ligne des abſides, doit devenir plus conſidérable ; ce qui doit augmenter

---

$LT : 3\,CI$, ou la premiere force eſt à celle-ci, comme le rayon aux $\frac{3}{2}$ du ſinus du double de la diſtance à la ſyzygie ou à la quadrature ; & la même premiere force ſera à la ſeconde partie de la deuxieme force, comme $LT : 3\,LI$; & comme le rayon aux $\frac{3}{2}$ du ſinus verſe de la double diſtance de la lune à la quadrature. Il eſt donc aiſé de comprendre que la différence de la premiere force & de la deuxieme partie de la deuxieme force, s'évanouit lorſque le rayon eſt égal aux $\frac{3}{2}$ du ſinus verſe du double de la diſtance à la quadrature, c'eſt-à-dire lorſque ce ſinus verſe eſt égal aux $\frac{2}{3}$ du rayon, & cela arrive en ſuppoſant le rayon = 10000 lorſque le co-ſinus du double de la diſtance à la quadrature eſt = 3333, c'eſt-à-dire lorſque la double diſtance à la quadrature ſera de 70 degrés 32 minutes, ou, ce qui revient au même, lorſque la diſtance à la quadrature ſera de 35 degrés 16 minutes ; après ce terme, l'excès de cette force qui tend à éloigner la lune de la terre, croît juſqu'à la ſyzygie, où cet excès devient double de la force qui avoit lieu dans les quadratures ; car toute la force qui tend à éloigner la lune de la terre, eſt alors exprimée (*fig.* 40) par $3\,CL$, ou par le triple du rayon, parce qu'alors la ligne LC eſt égale au rayon.

Il y a donc quatre points dans l'orbite

l'excentricité, puiſque le double de l'excentricité, c'eſt-à-dire, la diſtance des deux foyers, eſt égale à la différence qu'il y a entre la grande & la

---

lunaire, éloignés chacun de 54 degrés 44 minutes de la ſyzygie, dans leſquels la force du ſoleil ſur la lune ne trouble point la gravité de cette planete ſur la terre ; mais parce que la lune, dans toute ſa révolution, eſt tantôt pouſſée vers la terre, tantôt éloignée de notre globe, la force qui tend à l'éloigner prévaut en général ſur la premiere, ſoit parce qu'elle eſt dans les ſyzygies double de la ſeconde dans les quadratures, ſoit parce qu'elle agit par un plus grand arc ; en effet, la force qui tend à rapprocher la lune de la terre, n'agit de part & d'autre de la quadrature, que par un arc de 35 degrés 16 minutes, tandis que l'autre force agit par un arc de 54 degrés 44 minutes, de part & d'autre des ſyzygies.

Puiſque $TL : LC :: LC : LI = \frac{(LC)^2}{TL}$, la premiere force ſera à la ſeconde partie de la ſeconde, comme $LT : 3\,LI :: (LT)^2 : 3\,(LC)^2$, c'eſt-à-dire comme le quarré du rayon au triple quarré du ſinus de la diſtance à la quadrature, ou du co-ſinus de la diſtance à la ſyzygie. Mais ſi l'on compare la ſeconde force avec ſes deux parties, (*fig.* 41, n° 1 & 2,) comme les lignes LC, CI, IL ſont entr'elles parce que les lignes LT, LC, CT, les forces repréſentées par les trois premieres lignes, ſeront entr'elles comme le rayon, le ſinus & le co-ſinus de la diſtance à la quadrature,

petite abside. Supposons, par exemple, que dans la basse abside, abstraction faite de l'action du soleil, la lune tend vers la terre avec une force

---

ou comme le rayon, le co-sinus & le sinus de la distance à la syzygie; & en regardant l'orbite lunaire comme circulaire, la seconde force CL sera comme le sinus de la distance à la quadrature, ou comme le co-sinus de la distance à la syzygie; & parce que ce sinus s'évanouit dans les quadratures, la seconde force sera nulle dans les quadratures; delà elle croîtra continuellement jusqu'à la syzygie, où elle devient égale au rayon; & dans ce point, la premiere force est à la seconde comme le rayon au triple du rayon, c'est-à-dire comme 1 : 3.

Et comme dans le même cas l'on a $CI \times LT = LC \times CT$, à cause de TL constante, & que CI est le sinus, soit de l'arc LC, soit de l'arc CT (*fig.* 41, n° 3), la premiere partie de la seconde force, qui altere la vîtesse tangentielle, sera proportionnelle au produit du sinus & du co-sinus de la distance à la syzygie ou à la quadrature; elle sera aussi comme le sinus de la même double distance à la quadrature, & par conséquent elle s'évanouira dans les quadratures: delà, elle croîtra continuellement jusqu'à ce que cette double distance devienne un quart de cercle, ou jusqu'à ce que cette distance devienne un *octant*; ensuite elle décroîtra jusqu'à ce que cette double distance devienne un demi-cercle, ou jusqu'à ce que cette distance devienne

comme 16, & avec une force comme 4 dans la haute abside; il est visible que la seconde force sera le quart de la premiere. Supposons maintenant

---

un quart de cercle; car alors elle s'évanouira. C'est pourquoi cette force est nulle dans les syzygies & les quadratures, & la plus grande dans les octans : l'altération de la vîtesse de la lune dans son orbite qui résulte de l'action de cette force, s'appelle la *variation.*

La vîtesse de la lune dans les quadratures, est plus petite à cause de l'action de la premiere partie de la deuxieme force qui, dans le premier & le troisieme quart de l'orbite, diminue la vîtesse angulaire; elle est plus grande dans les syzygies, à cause de son action contraire dans le second & le quatrieme quart de l'orbite. Mais parce que la force qui pousse la lune vers la terre dans les quadratures, est plus grande que dans les syzygies, cette planete, en allant aux quadratures, s'éloigne plus qu'elle n'auroit fait sans l'action de ces forces perturbatrices, & s'approche plus de la terre lorsqu'elle revient aux syzygies : de maniere qu'en supposant que l'orbite de la lune eut dû être circulaire, en ayant égard seulement à la premiere force de projection, elle auroit été changée en une figure ovale, dont le grand axe passe par les quadratures; car l'orbite doit devenir plus courbe là où la force qui pousse la lune vers la terre est plus grande, & la vîtesse de la planete plus petite; puisque plus la lune avance lentement, plus cette force

que l'action du ſoleil diminue d'une quantité à peu près égale, de 2, par exemple, la gravité de la lune ſur la terre, ſoit dans la conjonction,

---

agit efficacement pour courber davantage ſon orbite.

Réſumons; il y a une force qui augmente la peſanteur de la lune vers la terre, & cette force eſt exprimée par le rayon de l'orbite lunaire. Il y a une une autre force qui, dans les ſyzygies, eſt repréſentée par le triple du rayon, & elle tend à éloigner la lune de la terre avec une force comme 3, en exprimant par 1 la force dont nous venons de parler; mais cette ſeconde force eſt nulle dans les quadratures : ainſi, la force qui pouſſe la lune vers la terre dans les quadratures, eſt la moitié de celle qui tend à l'en éloigner dans les ſyzygies. Cette ſeconde force, dans les autres points, peut ſe décompoſer en deux parties, dont la premiere altere la vîteſſe de la lune dans ſon orbite, la retarde en allant de la ſyzygie à la quadrature, & l'accélere en allant de la quadrature à la ſyzygie; & les degrés d'accélération ou de retardement, croiſſent juſques aux octans, puis décroiſſent : c'eſt la variation de la lune. La ſeconde partie de la ſeconde force diminue la gravité de la lune vers la terre, & elle eſt exprimée par les $\frac{3}{2}$ moitiés du ſinus verſe du double de la diſtance à la quadrature; & comme cette force agit en ſens contraire de la premiere, & qu'elle lui

ſoit dans l'oppoſition ; il reſtera 14 d'un côté & 2 de l'autre ; de maniere que la tendance de la lune vers la terre ſera maintenant 7 fois plus grande dans la conjonction que dans l'oppoſition ; c'eſt pourquoi la différence des diſtances de la terre à la lune dans la conjonction & l'oppoſition, ſera maintenant plus conſidérable qu'elle ne l'auroit été ſans l'action du ſoleil.

Conſidérons la lune au point *B* de ſon orbite (*fig.* 39), qui eſt inclinée au plan de l'écliptique d'environ 5 degrés 9 minutes ; il eſt viſible que le parellogramme *B R D F* ne peut pas être couché ſur le plan de l'écliptique, dans lequel ſe trouve la terre, le ſoleil, & la ligne *D R*, enſorte que la ligne *B R* qui va de la lune au plan de l'écliptique, doit ſe décompoſer en deux, l'une perpendiculaire au plan de l'écliptique, & l'autre couchée ſur celui de l'orbite

---

eſt égale à 35 degrés 16 minutes de la quadrature, il y a quatre points dans l'orbite lunaire, dans leſquels la tendance de la lune vers la terre n'eſt pas altérée par l'action du ſoleil.

lunaire; cette derniere force augmentera ou diminuera la vîteſſe de la lune dans ſon orbite, ſelon la ſituation de cette planete, ſelon la direction de ſon mouvement par rapport aux quadratures & aux ſyzygies, de la maniere que nous l'avons expliqué ci-deſſus, en ſuppoſant la force *B R* dans le plan de l'orbite lunaire. Voyons maintenant ce que doit produire la force perpendiculaire au plan de l'écliptique, force qui eſt peu conſidérable, relativement à celle qui agit dans le plan de l'orbite de la lune. Suppoſons la lune en *B* (*fig.* 42), entre la conjonction & le premier quartier, & décompoſons la force *B R*, dont nous avons déjà parlé, dans les 2 forces *B N*, *B M*, la premiere dans le plan de l'orbite lunaire, & qui produira les effets dont nous avons parlé ci-devant, la ſeconde perpendiculaire au plan de l'écliptique *h P D L*, nous l'appellerons laf *orce déturbatrice*. Son effet eſt de donner à la lune une tendance continuelle vers le plan de l'écliptique, dont elle tend à la rapprocher; de maniere que la lune qui n'auroit rencontré le plan

de l'écliptique qu'en *P*, le rencontrera en *D*. Ainsi le nœud *P* rétrogradera en *D*. De plus le nouveau plan de l'orbite lunaire fera un angle *B D M* plus grand que l'angle *B P D*; ainsi l'inclinaison de l'orbite lunaire aura augmenté. Quand la lune passera de l'opposition à la quadrature, la force déturbatrice la poussera de même vers le plan de l'écliptique, & le lui fera rencontrer plutôt; ainsi le nœud ira pour ainsi dire au devant de la lune, & rétrogradera d'orient en occident. Lorsque la lune sera en *f* entre le second quartier & la conjonction, la force déturbatrice la poussera dans une direction *f b* perpendiculaire au plan de l'écliptique, diminuera la distance entre le plan de l'orbite lunaire & celui de l'écliptique; de maniere que la lune paroîtra venir d'un nœud *d*, plus éloigné de *f* que le nœud *L*. Ainsi le nœud paroîtra avoir rétrogradé. En général *dans le passage d'une syzygie à la quadrature suivante, le nœud de la lune va en rétrogradant*, & l'inclinaison de *l'orbite en augmentant*; mais dans le passage de la quadrature *à la syzygie suivante, le nœud de la*

lune va en rétrogradant, & l'inclinaison de l'orbite en diminuant. La force déturbatrice étant nulle, lorsque la lune se trouve sans latitude, c'est-à-dire, dans le plan de l'écliptique; & lorsqu'elle se trouve dans les quadratures, parce que dans le premier cas, la force *B R* (*fig.* 39), se trouve dans le plan de l'écliptique; & que dans le second cas, la ligne *B R*, qui représente cette force, étant couchée sur la ligne *F B*, ou *E P* parallele à la ligne *S T*, se trouve parallele au plan de l'écliptique. Ainsi la tendance de la lune vers le plan de l'écliptique est alors nulle (1).

(1) Voici à peu près comme M. de la Caille traite cette matiere; mais ceux qui ne savent pas les Mathématiques, peuvent passer cette note. Supposons que le cercle *O D L* (*figure* 42 *p.*) représente l'orbite lunaire, le cercle *D M N* le plan de l'écliptique, & *L M* une perpendiculaire menée sur le plan de l'orbite lunaire, cette force peut être regardee ici comme égale à la force *BM* (*fig.* 42). Soit *R* (*fig.* 42 *p.*) une des quadratures, *T A* la force que nous avons désignée par le triple sinus de la distance de la lune à la quadrature, elle sera ici = 3 sin.

On comprend par ce que nous venons de dire, que l'action du so-

---

LTR: menons *L A* & du point *A* la ligne *A P* perpendiculaire sur la ligne *T P* des nœuds, & du point *P* la perpendiculaire *P V* sur la même ligne, *V A* étant supposée perpendiculaire sur l'écliptique, & faisant $VA = LM$; mais parce que quand la lune se trouve dans les nœuds, elle se trouve aussi dans le plan de l'écliptique, la force déturbatrice *L M* est nulle, & l'on a $LM = VA = 0$. Cela posé, en désignant le sinus de l'angle *V P A* par *p*, le rayon par *r*, le sinus de l'angle *LTR* par *x*, celui de l'angle *A T P* par *t*, nous avons premierement le rayon *T R* ou $TL : TA :: r : 3$ sin. $LTR = 3x$; secondement le triange *T A P* donne $TA : AP :: r :$ sin. $ATP = t$; troisiemement le triangle *V P A* donne $AP : AV :: r :$ sin. $APV = p$. Multipliant ces proportions terme à terme, & divisant ensuite les termes des 2 premieres raisons par *TA.AP*, on aura $TL : LM :: r^3 : 3xtp$; ainsi, l'augmentation de la force centrale dans les quadratures, est à la force déturbatrice, comme le cube du rayon est au triple du produit du sinus de la distance de la lune à la quadrature, par le sinus de la distance du nœud à la syzygie (placée dans la ligne *A O*), par le sinus de l'inclinaison de l'orbite lunaire sur le plan de l'écliptique. D'où il suit, premierement que la force déturbatrice est nulle dans trois cas; savoir, quand la lune est en quadrature, quand la latitude de la lune est nulle, & quand la

leil sur la lune, & sur les satellites de Jupiter & de Saturne, doit déranger le mouvement de ces astres

---

ligne des nœuds concourt avec celle des syzygies; car dans chacun de ces trois cas, un des sinus étant nul, le produit total est nul. En second lieu, que cette force est la plus grande possible quand la lune étant dans les syzygies, elle est en même temps dans ses limites, c'est-à-dire, la plus éloignée qu'il est possible du plan de l'écliptique; puisqu'alors les trois sinus sont les plus grands. En troisieme lieu, qu'en général cette force est d'autant plus grande, que la lune est plus près de la syzygie, ayant une plus grande latitude. Telles sont les conclusions de M. de la Caille: « mais sa métode, dit un Géometre, ne paroît pas exacte; car en supposant *AP* & *VP* perpendiculaires sur *TP*, l'angle *VAP* que fait le plan de l'orbite lunaire avec celui de l'écliptique, (voyez nos Institutions Géo. n° 55), ne dépend pas de la grandeur de $LM = VA$, mais du rapport de *AP* à *AV*. Mais il est clair qu'en supposant *LM* perpendiculaire au plan de l'écliptique, & égale à *VA*, ce qui est ici permis, cette ligne, (à laquelle la force déturbatrice est proportionnelle,) sera le sinus de l'angle *MTL* ou de la latitude de la lune; ce qu'on comprendra aisément, en supposant un cercle de la latitude qui passe par le point *L*, dont le centre soit en *T*, & dont le plan soit perpendiculaire à celui de l'écliptique: ainsi, l'on doit dire que l'augmentation de la force cen-

& empêcher qu'ils ne décrivent des courbes régulieres autour de leurs planetes (1). Auſſi quelques

---

trale dans les quadratures eſt à la force déturbatrice, comme le cube du rayon eſt au triple produit du ſinus de la diſtance de la lune à la quadrature, par le ſinus de la diſtance du nœud à la ſyzygie, par le ſinus de la latitude de la lune ».

(1) Il en ſeroit de même à l'égard du ſatellite de Vénus, s'il exiſtoit, comme quelques Aſtronomes l'ont penſé. M. Caſſini crut l'avoir apperçu, & plus récemment. M. Montagne a eu la même penſée. M. de Lalande, Hell & Boſcovich, &c. penſent que c'eſt une illuſion produite par les verres des téleſcopes, & des lunetes. « On peut, dit un Savant, ſe former une idée de ce phénomene d'optique, en conſidérant l'image ſecondaire qui paroît par une double réflexion, lorſqu'on regarde au travers d'une ſeule lentille de verre, un objet lumineux placé ſur un fond obſcur, & qui ait un fort petit diametre; pour voir alors une image ſecondaire ſemblable à l'objet principal, mais plus petite, il ſuffit de placer la lentille de maniere que l'objet tombe hors de l'axe du verre; cette image ſecondaire qu'on a priſe pour un ſatellite de Vénus, paroît de même côté que l'objet, ou du côté oppoſé, & elle eſt droite ou renverſée, ſuivant les diverſes ſituations de la lentille, de l'œil & de l'objet. Si l'on joint deux lentilles, on

efforts

efforts qu'aient fait jusqu'ici les Mathématiciens, ils n'ont pu déterminer d'une maniere rigoureuse la nature de la courbe que décrit la lune. Il n'est pas bien difficile de comprendre que cette courbe n'a pas tous ses points dans le même plan ; puisque la force déturbatrice rapproche la lune tantôt plus, tantôt moins du plan de l'écliptique dans différens points de son orbite. Les Géometres appellent *courbes à double courbure*, celles qui n'ont pas tous leurs points dans un même plan ; ainsi l'orbite lunaire est une courbe à double courbure, dont la nature est très-difficile à déterminer. On peut même dire que la détermination rigoureuse de cette courbe surpasse les forces de l'esprit humain, du moins quand on veut

on aura plusieurs doubles réflexions de la même espece, du moins dans certaines positions ; mais elles sont insensibles la plupart du temps, parce que leur lumiere est éparse, & que leur foyer est trop près de l'œil, ou qu'elles tombent hors du champ de la lunette ; mais il y a bien des cas où ces rayons se réunissent, & forment une fausse image, qu'on a pu prendre pour un satellite de Vénus ».

avoir égard à l'action de toutes les autres planetes, & même des cometes sur la lune (1).

37. Ce que nous venons de dire suffit pour faire comprendre la raison de la précession des équinoxes. *Les points équinoxiaux*, sont ceux dans lesquels l'équateur céleste coupe l'écliptique; *& la précession des équinoxes*

---

(1) La libration de la lune, est un phénomene qui mérite quelque attention de la part des Physiciens. Cet astre ne présente pas exactement le même hémisphere à la terre pendant sa révolution; il a un mouvement de rotation, pendant lequel il fait une révolution sur son axe dans le même temps qu'il en fait une autour de la terre. Mais comme sa vîtesse dans son orbite n'est pas toujours la même, il arrive qu'après avoir fait le quart de sa révolution sur son axe, il n'a pas encore fait le quart de sa révolution autour de la terre, sa vîtesse ayant été diminuée dans son passage par l'apogée. Ainsi les taches situées sur son bord oriental, paroîtront s'être rapprochées de la ligne qui joint les centres du soleil & de la terre; dont elles étoient éloignées de 90 degrés au commencement de la révolution. Ce seroit tout le contraire, si la vîtesse de la lune ayant été accélérée, elle avoit décrit plus que le quart de son orbite. En supposant que la lune à un de ses diametres tourné toujours,

consiste en ce que ces points rétrogradent contre l'ordre des signes ; de maniere que le même équinoxe, par exemple, celui du printemps revient avant que la terre ait achevé une révolution entiere autour du soleil. On sait que la terre est applatie vers les poles, & renflée vers l'équateur; ainsi nous pouvons supposer la terre comme parfaitement sphérique, mais surmontée d'une couche qui augmente le diametre de son équateur. Cette couche ou espece d'anneau a ses deux nœuds, qui ne sont autre chose que les points dans lesquels l'équateur coupe le plan de l'éclip-

---

ou du moins sensiblement pendant une demi-lunaison, vers le même point du ciel, & que ce diametre, (que nous appellerons l'axe de la lune), est incliné à l'écliptique d'environ 2 degrés, il est aisé de comprendre que lorsque la lune qui se trouvoit vers la partie australe de son orbite, se trouve 14 jours après dans la partie septentrionale, elle doit présenter aux habitans de la terre des parties situées du côté de son pole méridional, qu'elle leur cachoit dans la premiere situation, comme la terre située dans le tropique du cancer présente au soleil des parties qu'elle lui cachoit, lorsqu'elle se trouvoit dans le tropique du capricorne.

tique. Concevons que les particules qui composent cet anneau soient comme autant de petites lunes, qui fassent leur révolution autour de la terre, en même temps que les points de sa surface, c'est-à-dire, en 23 heures, 56 minutes, 4 secondes, les nœuds de toutes ces lunes rétrograderont, soit par l'action du soleil, soit encore plus par l'attraction de la lune, qui en est beaucoup moins éloignée; ainsi la ligne d'intersection des plans de l'équateur & de l'écliptique, a un mouvement rétrograde d'orient en occident; ce qui fait la précession des équinoxes. Comme le plan de l'écliptique dans lequel le soleil est situé, fait constamment un angle de 23 $\frac{1}{2}$ degrés avec celui de l'équateur, la partie de la précession des équinoxes, qui résulte de l'action du soleil sur l'anneau de la terre, est sensiblement égale à chaque révolution de notre globe. Il n'en est pas de même de celle qui résulte de l'action de la lune sur l'anneau terrestre. En effet, quand le nœud ascendant de la lune concourt avec le premier

point du belier, qui eſt le nœud aſcendant de l'équateur, l'inclinaiſon de l'orbite de la lune, eſt à ſon égard de 28 degrés 40 minutes environ : (c'eſt la ſomme de l'inclinaiſon de l'orbite lunaire ſur le plan de l'écliptique, qui eſt d'environ 5 degrés 9 ou 10 minutes ; & de l'inclinaiſon de l'écliptique, par rapport à l'équateur, c'eſt-à-dire, de 23 degrés 30 minutes). Mais quand le nœud aſcendant de la lune concourt avec le premier point de la balance, l'inclinaiſon de l'orbite lunaire, par rapport à l'équateur, n'eſt que de 18 degrés 20 minutes ; ainſi l'inclinaiſon de l'orbite de la lune, par rapport à l'équateur, croît pendant environ 9 ans depuis 18 degrés 20 minutes, juſqu'à 28 degrés 40 minutes, quoique ſon inclinaiſon moyenne, par rapport à l'écliptique reſte la même. C'eſt pourquoi l'action de la lune ſur l'anneau terreſtre doit varier & être la plus grande, quand l'angle de cette inclinaiſon eſt le plus grand ; & au contraire, puiſque la ligne *B M* (*fig.* 42), qui repréſente la force qui cauſe la

rétrogradation des nœuds de la lune ; est d'autant plus grande que les plans *P C L*, *P D b L* sont plus écartés. Aussi l'on a remarqué que la précession des équinoxes varie pendant une période d'environ 19 ans, de maniere qu'elle est la plus grande ; & selon les observations de Bradley, d'environ 58 secondes en un an, lorsque le nœud ascendant de la lune arrive au premier point du belier ; elle est la plus petite, & d'environ 43 secondes par an, lorsque le nœud ascendant de la lune atteint le premier point de la balance. Enfin, elle est moyenne, & d'environ 50 $\frac{1}{3}$ secondes par an, lorsque les nœuds de la lune sont dans le colure des solstices.

La lenteur du mouvement rétrograde des points équinoxiaux, vient de plusieurs causes. 1°. De la promptitude du mouvement périodique de l'équateur terrestre, qui ne donne pas le temps à la cause efficiente de produire un effet considérable. 2°. Du peu d'élévation de l'anneau terrestre, dont l'épaisseur diminue à proportion qu'il s'éloigne de l'équa-

teur, formant ainſi une eſpece de couche plutôt qu'un véritable anneau. Ajoutons encore que cet anneau ne peut ſe mouvoir qu'en entraînant le globe terreſtre, ce qui doit diminuer ſa vîteſſe.

La rétrogradation des points équinoxiaux, dont la révolution eſt de 25740 ans, donne aux étoiles un mouvement apparent oppoſé, ou d'occident en orient, par lequel elles paroiſſent avancer ſelon l'ordre des ſignes dans des cercles paralleles à l'écliptique, & faire un révolution dans l'eſpace de 25740 ans. En effet, les points équinoxiaux ne peuvent parcourir ſucceſſivement la circonférence de l'écliptique, ſans que l'axe de l'équateur ſe meuve autour de celui de l'écliptique, & par conſéquent, ſans que les étoiles ne paroiſſent aller en ſens oppoſé, à un obſervateur qui ſe croit immobile ſur la terre; mais parce que les obſervations des étoiles ont fait voir qu'à chaque révolution du nœud de la lune, l'inclinaiſon du plan de l'équateur varie à l'égard de celui de l'écliptique; il eſt clair que les

poles de l'équateur ne décrivent pas un cercle exact autour de ceux de l'écliptique, mais une courbe dont il n'eſt pas aiſé de déterminer la nature. D'autre côté, l'on prétend que l'obliquité de l'écliptique va maintenant en diminuant d'environ 46 ſecondes par ſiecle; mais parce que les hauteurs du pole paroiſſent être invariables ſur la terre, on dit que c'eſt le pole de l'écliptique qui ſe rapproche de celui de l'équateur. Au reſte, cette théorie eſt fort incertaine.

38. Les étoiles ont encore un mouvement apparent qui dépend de la lumiere, qui met, (comme nous l'avons déjà dit), environ 8 minutes à venir du ſoleil à nous, c'eſt-à-dire, à parcourir plus de 34000000 de lieues. Il eſt certain, par les principes de l'optique, que la préſence des objets ne ſe manifeſtant à nous que par l'impreſſion que les rayons de lumiere qui en viennent font dans notre œil, nous ne jugeons de la figure & de la poſition de ces objets que par cette impreſſion; de maniere que nous les croyons placés dans la ligne droite, ſuivant laquelle cette

impreſſion ſe fait dans notre rétine; ou ce qui revient au même, nous les jugeons ſitués à l'extrêmité de la droite, ſelon laquelle ſe fait la réaction des fibres de notre rétine. Si la vîteſſe de la lumiere a un rapport fini avec celle de la terre, l'impreſſion du rayon lumineux qui vient d'une étoile, ne ſe fait ſentir ni dans la direction du rayon, ni dans celle de la terre; mais ſemblable à l'impreſſion d'un coup donné ſur un corps mobile, elle ſe fera ſentir dans la direction de la diagonale d'un parallelogramme formé ſur les directions du rayon, & de la tangente à l'orbite de la terre, au point où elle ſe trouve au moment que le rayon arrive; car cette tangente eſt évidemment la direction du mouvement actuel de la terre; mais les côtés de ce parallelogramme doivent être dans les rapports des vîteſſes de la lumiere & de la terre. Ainſi le lieu apparent de cette étoile doit être au point du ciel où cette diagonale paroît aboutir. Suppoſons que *T L Q* (*fig.* 43), repréſente l'écliptique céleſte, *P* ſon pole, *S*

ſon centre où le ſoleil eſt ſitué: (Nous conſidérons ici l'écliptique comme circulaire), *F D C* l'orbite de la terre, *E* une étoile. Prenons ſur la tangente *C c* de l'orbite terreſtre une ligne *C o*, qui ſoit à la longueur de la ligne *C B*, menée du point *C* à l'étoile, comme la vîteſſe de la terre dans ſon orbite eſt à celle de la lumiere ; le rayon lumineux *E C*, qui part de l'étoile, affectera l'œil de l'obſervateur placé en *C*, de maniere qu'il paroîtra avoir la direction *x C*, & l'obſervateur verra l'étoile en *x*. En effet, ſelon ce que nous venons de dire, un obſervateur placé en *C*, doit rapporter l'impreſſion qui eſt faite dans ſon œil, dans la direction *C A* du parallelogramme *B A o C*, ou à l'extrêmité *x* de la diagonale du parallelogramme *E x c C*, dont le côté *C c* eſt au côté *C E*, comme la vîteſſe de la terre au point *C*, eſt à celle de la lumiere qui vient de l'étoile. On peut ſuppoſer que le parallelogramme *E C c x*, que nous appellerons le *parallelogramme d'aberration*, tourne avec la tangente *C c*

autour de la ligne *S E*, qui va du soleil à l'étoile ; & selon que cette droite est plus ou moins inclinée au plan de l'écliptique, l'orbite optique décrite annuellement par l'étoile, doit être plus ou moins étroite ; car la projection orthographique de cette orbite au fond du ciel doit être différente, selon que les lignes tirées de l'orbite de la terre à l'orbite de l'étoile, dont le plan est toujours parallele à l'écliptique, sont plus ou moins inclinées à cette orbite ; ce qui est conforme aux observations, & ce qui est en même temps une nouvelle preuve du mouvement de la terre autour du soleil.

39. L'astre du jour étant attiré par les planetes qui l'attirent, doit se déplacer un peu ; mais parce que sa masse est très-considérable, relativement à celles des planetes, qui d'ailleurs ne se trouvant pas toutes du même côté, l'attirent en différens sens, son mouvement doit être peu considérable, & l'orbite qu'il décrit très-petite ; mais cet astre tourne sur lui-même d'occident en orient, dans l'espace de 25 jours 14 heures 8 minutes ; &

le plan de ſon équateur, c'eſt-à-dire, du cercle qui eſt par-tout également éloigné des extrêmités de ſon axe de rotation, eſt incliné à l'écliptique d'environ 7 degrés 30 minutes, comme on l'a reconnu par le mouvement de ſes taches obſervées vers 1611, par Scheiner, Jean Fabricius, & dont Galilée s'attribuoit la premiere découverte (1). Si l'on en croit Caſſini, l'on a vu ſur le ſoleil des points plus brillans que le reſte de ſa ſurface, & il appelle *facules*,

(1) Il eſt aiſé de comprendre, que ſi la direction de la force impulſive avec laquelle on peut concevoir que le ſoleil a été lancé dans l'eſpace, n'étoit pas perpendiculaire à ſa ſurface, mais paſſoit à quelque diſtance de ſon centre, il en a dû réſulter un mouvement de tranſlation, avec un mouvement de rotation autour d'un axe, comme le démontrent les Mathématiciens. Nous avons fait voir dans le cinquieme Volume de notre Cours Complet de Mathématiques, que ſi l'impulſion primitive a été appliquée à une diſtance du centre de la terre, égale à la 157e partie de ſon rayon, il doit en avoir réſulté le rapport actuel du mouvement diurne & annuel. Cette diſtance, relativement au centre de Jupiter, doit avoir été de $\frac{16}{45}$ de ſon rayon.

des taches légeres & foibles que l'on apperçoit quelquefois à l'endroit même où une tache a diſparu ; or, les *taches* ſont des parties noires qu'on apperçoit de temps en temps ſur le ſoleil, & qui paroiſſent tourner uniformément, & revenir par rapport à nous au même point du diſque ſolaire en 27 jours 12 heures 20 minutes, quoique la véritable rotation du ſoleil ſoit de 25 jours 14 heures 8 minutes ; parce que lorſque cet aſtre a fait une révolution ſur lui-même, & qu'un point de ſon équateur qui répondoit à une étoile au commencement de ſa révolution, eſt revenu dans ſa premiere ſituation par rapport à la même étoile, il n'y eſt pas revenu par rapport à un point déterminé de la terre, qui a avancé dans l'écliptique d'environ 25 degrés ; de maniere qu'il faut environ 2 jours de plus pour que le même point de l'équateur ſolaire réponde au même point de notre globe. Les *ombres* ſont des nébuloſités blanchâtres, qui environnent toujours les grandes taches ; elles paroiſſent quelquefois jaunâtres, &

quelquefois elles ſe trouvent toutes ſeules, & donnent enſuite naiſſance à des taches. Hevelius a vu en 1643, une de ces ombres qui occupoit environ le tiers du diametre du ſoleil. Les Annales de la France imprimées à Paris en 1588, aſſurent que l'an 807, Mercure parut ſur le ſoleil comme une petite tache noire, qu'on apperçut en France pendant 8 jours; mais parce que le diametre de cette planete ne peut être vu que ſous un angle de 12 ſecondes, on ne peut pas l'appercevoir à la vue ſimple; ainſi ce ne pouvoit être rien autre choſe qu'une tache. Si l'on en croit Abulfaradge, l'an 626, la moitié du diſque du ſoleil fut obſcurcie depuis le mois d'Octobre juſqu'au mois de Juin; ce phénomene, s'il eſt permis de le croire, devoit ſon origine à quelques taches conſidérables du ſoleil. Les taches n'ont rien de régulier, il y en a qui diſparoiſſent pendant long-temps, & reparoiſſent au même endroit. Celle qui fut obſervée à la fin de 1676, dura plus de 70 jours, & parut dans chaque révolution. Depuis 1695,

jusqu'à 1700 l'on n'en vit aucune ; mais les Volumes de l'Académie des Sciences, parlent continuellement de celles qu'on a apperçues depuis 1700 jusqu'à 1710.

40. Galilée pensoit que les taches du soleil sont une espece de fumée, de nuage, ou d'écume qui se forme à la surface de cet astre, & qui nage sur un océan de matiere fluide & subtile. M. de la Hire croyoit que se sont les éminences d'une masse solide, opaque, qui nage dans la matiere fluide du soleil, & s'y plonge quelquefois en entier. « On explique par-là d'où vient que l'on voit ces taches sous tant de figures différentes, pendant qu'elles paroissent, & pourquoi, après avoir disparu pendant plusieurs révolutions, elles reparoissoient de nouveau à la même place qu'elles devroient avoir, si elles eussent continué de se montrer. On explique par-là les facules, & cette nébulosité blanchâtre dont les taches sont toujours environnées, & qui sont les parties du corps solide sur lequel il ne reste plus qu'une très-petite couche de ce fluide. Cepen-

dant M. de la Hire pensoit, d'après quelques observations, qu'il falloit admettre plusieurs de ces corps opaques dans le soleil, ou supposer que la partie noire pouvoit se diviser, & ensuite se réunir ». Les taches qui seroient formées par une fumée qui s'éleveroit du soleil, ne seroient point attachées à la masse de cet astre (1).

(1) Le soleil étant pour nous l'objet le plus frappant de l'univers, tous les peuples du monde l'ont pris pour la mesure du temps. La révolution diurne apparente du soleil autour de la terre, qui se partage en 24 parties égales, doit être supposée uniforme pour former tous les jours 24 portions égales qui répondent chacune à 15 degrés de l'équateur: ce changement diurne est produit par la rotation de la terre sur son axe, dans laquelle on n'a encore remarqué aucune inégalité. Le soleil, par son mouvement propre apparent d'occident vers l'orient, avance tous les jours d'environ un degré ou 59 minutes 8 secondes par rapport aux étoiles fixes; de maniere que lorsqu'une étoile est revenue au méridien, auquel elle s'étoit trouvée le jour précédent avec le soleil, cet astre en est encore éloigné d'environ un degré, & il y arrive environ quatre minutes plus tard que l'étoile; mais comme c'est le retour du soleil qui fait nos 24 heures, nous dirons que les étoiles reviennent au méridien dans environ 23

L'on pourroit aussi penser que les scories peuvent se rassembler en grande masse, s'enflammer de nouveau, ou s'évanouir peu à peu sans

---

heures, 56 minutes 4 secondes de tems moyen. Les pendules dont on se sert dans la société, sont réglées sur le moyen mouvement du soleil, & marquent les heures solaires moyennes; c'est-à-dire qu'au bout de chaque année, ces horloges doivent se retrouver d'accord avec le soleil, comme elles l'étoient au commencement de l'année, & marquer continuellement 23 heures, 56 minutes 4 secondes dans l'intervalle du passage d'une étoile par le méridien à son retour au même cercle. La plupart des Astronomes, dit M. de Lalande, reglent les leurs de même, afin que l'horloge puisse indiquer toujours à peu près l'heure qu'il est, pour les usages de la société, & donner à peu près le temps vrai des différentes observations qu'ils ont à faire; cependant les étoiles étant fixes, tandis que le soleil avance ou paroît avancer tous les jours d'un degré, plus ou moins, le retour de l'étoile au méridien feroit une mesure bien plus fixe, bien plus égale que le retour du soleil. C'est le retour de l'étoile qui nous indique le mouvement entier de la sphere, & la rotation complette de la terre; & il est surprenant que les Astronomes n'aient pas des pendules réglées sur les étoiles qui marquent 23 heures 56 minutes 4 secondes dans l'intervalle d'une révolution des étoiles.

produire du feu. A l'égard de la nature du ſoleil, nous ſavons ſeulement que c'eſt un corps enflammé; mais nous ignorons la matiere dont il eſt compoſé. Il y a toute apparence que les étoiles fixes ſont de la même

---

Les horloges réglées ſur le mouvement diurne des étoiles, ou ſur la rotation véritable de la terre, avancent tous les jours de 3 minutes 56 ſecondes à midi moyen, ſur le mouvement moyen du ſoleil, & ne marquent jamais l'heure du ſoleil, ſi ce n'eſt le jour de l'équinoxe : les heures ſolaires vraies different auſſi des heures ſolaires moyennes, mais la différence ne va jamais au-delà de 30 ſecondes. Pour comprendre ce que c'eſt que le temps moyen & le temps vrai, il n'y a qu'à ſuppoſer un autre ſoleil dont le mouvement ſoit uniforme, c'eſt-à-dire qui ſe meuve autour de la terre dans l'eſpace d'un an, en parcourant les 360 degrés de l'équateur dans le même temps que le véritable ſoleil parcourt l'écliptique. Ce ſoleil parcourroit chaque jour ſur l'équateur 59 minutes 8 ſecondes, & les 360 degrés en un an : maintenant, ſi les deux ſoleils partent en même temps du méridien, le jour de l'équinoxe, & d'un point déterminé de l'équateur, toutes les fois que ce ſoleil ſuppoſé arrivera au méridien, nous dirons qu'il eſt midi moyen; & ſi le vrai ſoleil ſe trouve plus ou moins avancé, lorſqu'il ſera arrivé au méridien, il ſera midi temps vrai,

nature ; nous ignorons leur grosseur & leur distance au soleil. Ces astres ne paroissent pas absolument fixes ; car on a remarqué des mouvemens particuliers dans les plus brillantes étoiles. *Arcturus* a un mouvement en déclinaison d'environ 22 secondes en dix ans. *Sirius*, *Aldebaran* & *Rigel*, ont aussi des mouvemens remarquables, quoique peu considérables : il semble qu'on peut les attribuer à l'attraction des autres étoiles, ou à celles des planetes des systêmes voisins ; *& l'on peut supposer que ces astres sont autant de soleils destinés chacun à être le centre & le principe du mouvement de plusieurs planetes habitables, qui tournent à différentes distances* (1).

---

(1) Une étoile observée, quand la terre se trouve au tropique du cancer, & ensuite au tropique du capricorne, paroît au même point du ciel, & l'angle que fait avec le diametre de l'orbite terrestre, une ligne menée de l'étoile à cette orbite, est toujours sensiblement le même, ce qui prouve que l'orbe de la terre, est comme un point relativement à la distance des étoiles à la terre ; aussi la parallaxe de l'orbe annuel est insensible par rapport aux étoiles ;

La lune est à peu près sphérique; on y remarque différentes taches, que plusieurs regardent comme des mers semblables aux nôtres. On y a

---

l'angle que forment deux lignes menées d'une étoile aux extrêmités du diametre de l'orbe de notre globe n'est pas de 2 secondes, & celui que forment deux lignes menées de l'étoile, l'une au soleil & l'autre à la terre, n'est pas d'une seconde; ce qui prouve que la distance des plus proches étoiles à la terre, est de plus de 6771770 millions de nos lieues, selon M. de Lalande. Leur diametre apparent n'est pas d'une seconde; & s'il étoit d'une seconde, & la parallaxe annuelle aussi d'une seconde, leur diamétre seroit égal au rayon de l'orbe terrestre, ou d'environ 34 millions de lieues. Ne peut-on pas penser que l'extrême petitesse de ce diametre apparent est la cause du mouvement de scintillation? Car la moindre molécule de vapeur qui passe devant l'étoile, caché une grande partie de ce diametre. Ainsi la disparition & la réapparition des étoiles, ressemble à un mouvement de vibration dans leur lumiere. En supposant qu'une étoile est éloignée de nous de 400 mille fois la distance du soleil à la terre, & que la lumiere emploie un demi-quart d'heure à parcourir cette derniere distance, celle qui part d'une étoile, ne doit arriver à la terre qu'en 50000 heures, ou en plus de cinq ans.

auſſi obſervé des ſommets de montagnes qui étoient quelquefois éclairés, quoiqu'éloignés de la ligne de lumiere de la 13[e] partie du rayon de la lune, ce qui ſuppoſe des montagnes fort élevées. Ne peut-on pas penſer que cette planete remplie de montagnes & de vallées, eſt entourée d'un fluide homogene & diaphane, qui s'éleve au deſſus de ſes plus hautes montagnes, & dans la ſurface duquel nous voyons peintes les inégalités des ombres, & des éminences qui réfléchiſſent la lumiere? *Il paroît que cette planete n'eſt pas environnée d'une athmoſphere ſemblable à la nôtre ;* car lorſqu'elle paſſe devant les étoiles ou les autres planetes, on devroit remarquer des changemens conſtans de lieux, de temps, de figure & de couleur. On devroit voir une eſpece de lumiere autour de cet aſtre au-delà de ſes deux cornes ; la lumiere du ſoleil réfractée dans cette athmoſphere, éclaireroit différentes parties du diſque lunaire, auxquelles ne pourroient pas parvenir les rayons directs, ce qui rendroit incertaines & confuſes les li-

mites de la lumiere & de l'ombre. On y remarqueroit auſſi des nuages & des neiges, qui changeroient ſa face apparente. Les étoiles dont on obſerve les immerſions, paroiſſent ſouvent pendant quelques ſecondes être entierement ſur le diſque de la lune. « Il eſt probable que cette apparence eſt occaſionnée par l'irradiation, ou le débordement de lumiere de la lune; tous les corps lumineux ſont ainſi bordés, & comme enflés par la lumiere qui les environne ». M. du Sejour penſe que l'athmoſphere de la lune produit dans la lumiere une inflexion de $4\frac{1}{2}$ ſecondes; mais il n'eſt pas encore poſſible de rien prononcer de certain ſur cette matiere.

Les *cometes* ſont des aſtres qui ne ſont viſibles que pendant une partie de leur révolution; leur lumiere eſt toujours foible & douce; c'eſt une lumiere du ſoleil qu'elles réfléchiſſent vers nous. *Elles ſe meuvent dans des orbites elliptiques très-allongées, elles ne ſont viſibles que quand elles ſont vers le* périhélie; *car dans l'aphélie elles ſont trop éloignées de nous.*



Elles ont des retours réglés plus ou moins longs ; mais leur mouvement ne se fait point dans le zodiaque, comme celui des planetes ; car ces astres traversent l'espace en toutes sortes de sens, ils se meuvent du nord au midi, du midi au nord, l'occident à l'orient, ou de l'orient à l'occident. On leur remarque souvent des queues qui ont coutume d'être très-brillantes, lorsque les cometes sont parvenues au périhélie, qu'elles se sont enfoncées dans l'athmosphere solaire, & qu'elles ont été échauffées par la chaleur du soleil ; alors leur noyau paroît petit & obscur. La comete de 1680 avoit au mois de Décembre une queue qui occupoit 70 degrés dans le ciel, tandis que le noyau ne paroissoit pas plus grand qu'une étoile de la seconde grandeur.

Les planetes n'ont point des queues, parce que le changement de leur distance au soleil n'est pas assez considérable. Quand une comete monte du périhélie vers son aphélie, elle se charge de plusieurs particules de l'athmosphere solaire. Ces parties at-

tirées par le noyau de la comete, s'attachent à ſon athmoſphere, & lorſque cet aſtre ſe trouve vers ſon aphélie, ces eſpeces de vapeurs perdent peu à peu leur chaleur, & ſe condenſent. Suppoſons qu'une comete *C* ſe meuve dans l'orbite *PCBADd* (*fig.* 44), dont le ſoleil *S* occupe un des foyers; lorſque cet aſtre approchera du périhélie *P*, il pourra être viſible pour un habitant de la terre, dont l'orbite eſt repréſentée par le cercle *FMT*, ſi la terre ſe trouve placée vers *F*, par exemple; mais ſi la terre ſe trouve placée en *T*, & que la comete ſoit trop près du ſoleil, la vivacité de la lumiere de cet aſtre empêchera de l'appercevoir. Lorſque la comete, après avoir atteint ſon périhélie, ſera parvenue en *C*, un obſervateur placé ſur la terre ſituée en *T*, pourra l'appervoir facilement; mais lorſque la comete ſera remontée vers ſon aphélie, & qu'elle ſe trouvera au point *B*, ou même plus éloignée, elle diſparoîtra pour les habitans de la terre; parce qu'un corps trop éloigné ceſſe d'être viſible. Ainſi nous ne pouvons appercevoir

appercevoir de nouveau la comete, que lorſqu'après avoir paſſé par ſon aphélie *A*, elle ſe rapprochera de ſon périhélie.

41. Il y a des Auteurs qui s'imaginent qu'il exiſte environ 300 cometes. « Cette aſſertion ſinguliere eſt fondée ſur le raiſonnement ſuivant : *Si depuis 15 ans que l'on obſerve les cometes avec plus d'attention, l'on en a découvert juſqu'à 15, il eſt probable que l'on en doit découvrir une chaque année ; & comme la révolution moyenne des cometes dont on a déterminé les périodes, eſt d'environ 3 ſiecles, il y a grande apparence que le nombre des cometes eſt d'environ 300* ». L'on ſent aſſez combien il ſeroit aiſé de répondre à ce raiſonnement. Le plus ſûr eſt de nous en tenir à ce que nous ſavons de certain, ſans trop chercher à pénétrer des ſecrets que le temps ſeul peut dévoiler.

Lubienitz comptoit 415 cometes à l'époque de 1665. Il faut, à la vérité, rabattre un peu de ce calcul; car l'Auteur ſupplée quelqueſois au ſilence des Hiſtoriens ; & comme il étoit perſuadé qu'il n'y

avoit point eu de grands déſaſtres ſans cometes, & des cometes ſans grands déſaſtres, quand il voyoit un grand malheur ſans cometes, il en concluoit que la comete avoit été oubliée, & il la reſtituoit. Le peuple groſſier & ignorant penſe encore dans ce ſiecle de lumiere, que les cometes annoncent la mort des Princes, la guere, la peſte, la famine; les gens inſtruits mépriſent une opinion ſi abſurde. Les cometes dont l'apparition a été la plus longue, ſont celles qui ont paru pendant ſix mois. La premiere, du temps de Néron; la ſeconde, du temps de Mahomet; la troiſieme, en 1240, lors de l'irruption du fameux Tamerlan; & de nos jours la comete de 1729. La comete qu'on vit après la mort de Demetrius, Roi de Sirie, (146 ans avant Jeſus-Chriſt), paroiſſoit auſſi groſſe que le ſoleil. Celle qu'on obſerva à la naiſſance de Mithridate, répandoit, au rapport de Juſtin, plus de lumiere que le ſoleil : la grandeur apparente de la comete de 1006, jettoit autant de lumiere que le quart de la lune pourroit faire.

Apollonius le Myndien, Hippocrate de Chio, Æſchile, Diogene, Democrite, &c. penſoient que les cometes ſont des aſtres, dont les révolutions ſont conſtantes. Cependant Ariſtote, Ptolomée, Tycho, Bacon, Galilée, Hevelius, Longomontanus, Kepler, Riccioli, les regardoient comme des corps nouvellement formés, & d'une exiſtence paſſagere. Mais depuis la découverte de l'attraction, on eſt en état de prédire les retours des cometes, & de déterminer, du moins à peu près, le temps de leurs révolutions. La comete qui a paru en 1456, a reparu en 1531, 1607, 1682 & 1759; enſorte que ſa révolution moyenne eſt d'environ 77 ans. Il ne faut pas croire cependant que la révolution d'une comete ſoit rigoureuſement conſtante. Et M. Halley, à l'occaſion de la comete de 1682, dont nous venons de parler, avoit remarqué que le temps de ſa révolution pouvoit être altéré par l'attraction de Jupiter; & en annonçant ſon retour pour 1759, il avoit mis une reſtriction à ſon annonce. M. Clairaut ayant repris

cette matiere, est venu à bout, par des calculs compliqués, dont le détail seroit déplacé dans cet Ouvrage, de déterminer, à un mois près, la derniere révolution de cette comete (1). La comete de 1532 paroît être la même que celle de 1661; on l'attend pour 1789 ou 1790. Celle de 1264 & de 1556, est attendue pour 1848. La grande comete de 1680, suivant M. Halley, devroit reparoître l'an 2254; il croit que c'est celle qui parut du temps de César, & elle auroit paru à peu près dans le temps du déluge.

(1) Ce fameux Mathématicien trouva que la révolution de la comete devoit être de 611 jours, plus grande que celle de 1607 à 1682, dont 100 jours pour l'action de Saturne, & 511 pour celle de Jupiter. Suivant son calcul, cet astre devoit passer par son périhélie au milieu d'Avril; il y passa le 13 Mars. Peut-être l'attraction des autres corps célestes & des autres cometes, ont influé sur le temps de sa révolution. Il est aisé de comprendre, par ce que nous avons dit ci-dessus, que l'action d'une planete sur une comete, qui passe dans son voisinage, peut changer son orbite, la dilater, l'allonger, & même ralentir ou précipiter sa vîtesse, selon les différentes situations où ces astres se trouvent l'un par rapport à l'autre.

Si l'on ne compte que pour une ſeule & même comete celles des années 1456, 1531, 1682 & 1759, ainſi que cela eſt démontré; que l'on ne compte pareillement que pour une ſeule comete celles de 1264 & 1556, & celles de 1532 & 1661, ainſi que cela eſt très-probable; on connoît en tout 63 cometes, dont on a déterminé les orbites, en y comprenant même la comete de 1774. De ces 63 cometes, 35 ſont directes, & 28 ſont rétrogrades. L'inclinaiſon de leurs orbites, par rapport au plan de l'écliptique, n'eſt pas la même pour toutes. Il y en a 9, dont l'inclinaiſon ne va pas à plus de 10 degrés; les orbites de 7 autres ſont inclinées depuis 10 juſqu'à 20 degrés; 3 depuis 20 degrés juſqu'à 30; 8 depuis 30 degrés juſqu'à 40; 5 depuis 40 juſqu'à 50 degrés; 5 depuis 50 juſqu'à 60 degrés; 10 depuis 60 juſqu'à 70 degrés; 9 depuis 70 juſqu'à 80; 7, enfin, depuis 80 juſqu'à 90; 10 ſeulement ont leurs diſtances périhélies plus grandes que la moyenne diſtance de la

terre au ſoleil ; 53 ont leurs diſtances périhélies plus petites. Telles ſont les 63 cometes calculées juſqu'en 1774 (1).

Les cometes paroiſſent ordinairement environnées d'une eſpece de queue, & d'autres fois d'une eſpece de chevelure. Ces queues n'ont pas toujours la même longueur : celle dont parle Juſtin, & qui parut à la naiſſance de Mithridate, occupoit 45 degrés ; elle étoit ſi terrible qu'elle ſembloit embraſer tout le ciel. Si l'on en croit Seneque, on vit

(1) Si les planetes & leurs ſatellites ſe meuvent dans le même ſens, & à peu près dans le même plan, tandis que les cometes n'ont point de zodiaque, ce phénomene n'a d'autre cauſe que la volonté de l'Etre ſuprême, qui a lancé les corps céleſtes dans l'eſpace, dans des directions différentes, mais convenables à la fin qu'il s'eſt propoſée, en créant cet Univers. Les planetes & les cometes n'ont pas été jettées au hazard dans le vuide immenſe qui nous environne, comme le penſent les athées ; & l'on ne ſauroit aſſez s'étonner qu'un Ecrivain dont les talens ne ſont pas équivoques, penſe que la déterminaiſon du mouvement des planetes dans le zodiaque, tient à des cauſes particulieres inconnues.

vers l'an 135 une comete, dont la queue couvroit toute la voie lactée. Celle de 1744 étoit accompagnée d'une lumiere en éventail, ou d'une queue divisée en plusieurs branches. Ces queues paroissent de différentes grandeurs dans les différens lieux où on les observe : la comete de 1759 parut à Paris avec une queue d'un ou de deux degrés, tandis qu'à Montpellier, suivant M. de Ratte, la queue avoit 25 degrés, le 29 Avril, la partie la plus lumineuse étant de 10 degrés. Les queues des cometes sont transparentes ; car on voit les étoiles au travers. Ces queues sont toujours opposées au soleil, mais on y apperçoit souvent une courbure qui est, dit-on, l'effet d'une illusion optique, produite par la position de la terre hors du plan de la comete, & par le mouvement de celle-ci. La queue des cometes, selon Newton, vient de l'athmosphere propre de chaque comete. Il pense que les fumées & les vapeurs peuvent s'en éloigner, ou par l'impulsion des rayons solaires, comme le croyoit Kepler, ou par la raré-

faction que la chaleur produit dans ces athmosphères. La comete de 1680, après avoir passé fort près du soleil, répandoit une lumiere plus longue & plus brillante qu'elle n'avoit fait avant son périhélie; ce qui prouve que la queue des cometes n'est qu'une vapeur très-légere, élevée de leurs noyaux par la force de leur chaleur. M. Euler pense que l'impulsion de la lumiere solaire peut contribuer à l'élévation de ces vapeurs; mais ce sentiment ne paroît pas vraisemblable: car on remarque que les rayons du soleil levant ne produisent aucun mouvement dans les fumées qui nagent librement dans notre athmosphere. M. de Mairan croyoit que l'athmosphere du soleil, ou la lumiere zodiacale entre dans la composition des queues des cometes; cependant il a paru quelquefois des cometes sans queue ni chevelure; & il n'est pas probable, dit-on, que ces cometes ne se soient pas plongées dans l'athmosphere du soleil (1).

(1) Les queues des cometes n'ont pas une direction opposée au soleil; mais elles ont

Nous ne connoiſſons pas la deſtination des cometes. Celle de 1680 étoit dans ſon périhélie 166 fois plus près du ſoleil que la terre. Et ſi

---

une eſpece d'inflexion vers l'endroit que leur noyau vient d'abandonner, & cette inflexion eſt la plus grande dans les périhélies. Ne peut-on pas attribuer ce phénomene aux vapeurs, qui pendant qu'elles montent en droite ligne dans l'athmoſphere ſolaire, ceſſent de répondre perpendiculairement à l'endroit du noyau d'où elles ſe ſont élevées, parce que la comete s'avance continuellement dans ſon orbite; de maniere que les vapeurs qui compoſent la queue, doivent former une eſpece de courbe, ainſi que la fumée qui s'éleveroit d'un corps enflammé, qu'on tranſporteroit ſur la terre avec une certaine vîteſſe? Si le mouvement du noyau de la comete eſt très-prompt, la courbe que forment les vapeurs qui s'en élevent, ſera très-ſenſible; car ce noyau eſt tranſporté avec un mouvement ſenſiblement uniforme par rapport à nous, du moins pendant un peu de temps; mais les vapeurs, à cauſe des obſtacles qu'elles rencontrent, & à cauſe de l'athmoſphere ſolaire, dont la denſité va en diminuant; à proportion qu'on s'éloigne du ſoleil, doivent monter par un mouvement retardé, comme il arrive à la fumée de nos cheminées. C'eſt pourquoi l'extrêmité de la queue eſt moins élevée qu'elle ne le ſeroit ſans cette cauſe; donc la queue doit former

l'on a ſeulement égard à la denſité de la lumiere, elle devoit être échauffée environ 2000 fois plus qu'un fer rouge; mais quand on

---

une courbe, dont la concavité ſoit tournée vers la partie de l'athmoſphere ſolaire, que la comete vient d'abandonner. Il peut cependant arriver qu'un mouvement de l'athmoſphere ſolaire, ſemblable à notre vent, trouble cette poſition, & que le mouvement de cet athmoſphere autour de l'axe du ſoleil, augmente ou diminue l'inclinaiſon de cette queue, ſelon qu'il eſt favorable ou contraire à celui du noyau de la comete. On ne doit pas s'imaginer que la queue qu'on obſerve aux environs du périhélie, accompagne la comete juſqu'à ſon aphélie; parce que les vapeurs qui forment cette queue, ſe mouvant dans l'athmoſphere du ſoleil, perdent continuellement de la vîteſſe tangentielle qu'ils ont reçue du noyau, que par conſéquent elles ne peuvent pas ſuivre. Mais en ſuppoſant qu'une partie de ces vapeurs accompagne la comete à une certaine diſtance de l'athmoſphere du ſoleil, elle doit retomber ſur le noyau, & ſe répandre autour de lui; & il eſt aſſez vraiſemblable que les vapeurs continuent à être élevées loin du périhélie, par une partie de l'athmoſphere ſolaire, rare à la vérité, & nullement ſenſible, qui peut être, s'étend à des diſtances très-conſidérables. Boſcovich prétend que l'impulſion des rayons ſolaires

voudroit réduire cette chaleur à la moitié ou au quart, en rejettant le calcul de Newton, l'on ne pourroit s'empêcher de conclure que la matiere dont cette comete est formée, est très-différente de celle qui entre dans la composition de notre globe. On peut penser que les cometes peu-

ne sauroit produire l'élévation des vapeurs, qui forment les queues des cometes; & l'on n'a jamais remarqué que les rayons du soleil levant changeassent la direction, & fléchissent le mouvement de la fumée qui sort de nos cheminées. D'ailleurs, il paroît que dans le systême de Newton, les impulsions continuelles des rayons solaires devroient faire monter les vapeurs des noyaux des cometes, avec un mouvement accéléré, ce qui, selon Boscovich, produiroit dans la queue de la comete une courbure contraire à celle qu'on y remarque. Quoi qu'il en soit de cette théorie, on ne doit pas craindre que ces vapeurs épuisent les cometes; car comme elles sont très-légeres & très-rares, puisqu'on voit les étoiles à travers, on peut penser que ces astres ne perdent par-là qu'une très-petite portion de leur masse, & qu'en mille siecles leur décroissement ne seroit point sensible; d'ailleurs, ne peut-on pas penser que ces mêmes vapeurs retombent peu à peu sur la comete qui les attire, & qu'elles se mêlent de nouveau à son athmosphere?

vent tomber dans le ſoleil, pour ſervir d'aliment au feu de cet aſtre; car la comete de 1680 doit avoir trouvé dans l'athmoſphere du ſoleil une certaine reſiſtance qui aura retardé ſon mouvement, ce qui aura donné lieu à la force attractive du ſoleil, d'agir plus long-temps ſur elle, & de la rapprocher de cet aſtre. Ce rapprochement aura encore lieu toutes les fois que la comete paſſera par ſon périhélie, juſqu'à ce qu'enfin elle ſoit engloutie par le ſoleil. La même choſe peut arriver à l'égard des étoiles, autour deſquelles certaines cometes feroient leurs révolutions; c'eſt ainſi que la belle étoile de 1572 a pu paroître tout d'un coup, étant augmentée & ranimée par une abondance de matiere nouvelle. Wiſton prétendoit expliquer le déluge par l'inondation de la queue d'une comete, qu'il croit être la même que la comete de 1680. Il penſe auſſi qu'une comete, peut être la même, revenant un jour du ſoleil, & rapportant des exhalaiſons brûlantes, cauſera aux habitans de la terre tous les malheurs qui leur ſont prédits à

la fin du monde. Il est certain qu'une comete d'une masse un peu considérable, qui passeroit à une petite distance de notre globe à 12000 lieues, par exemple, & au dessous, pourroit déplacer par son attraction les eaux de la mer; & si elle restoit long-temps dans cette position, elle pourroit, dit-on, inonder les continens. Si une comete venoit à choquer la terre, dans une direction opposée à celle de son mouvement, elle pourroit arrêter ce mouvement, & alors l'attraction du soleil nous précipiteroit dans cet astre; si le choc se faisoit sur la surface, & d'orient en occident, mais dans une direction qui ne passât point par le centre de notre globe, le mouvement journalier en seroit ralenti, & le jour deviendroit plus long.

Il est aisé de comprendre que selon la maniere dont se feroit le choc, le mouvement annuel & journalier de la terre, pourroit être altéré de mille manieres différentes, & son orbite être dilatée ou retrécie; ce qui en nous éloignant ou nous rapprochant du soleil, exposeroit notre globe à

un froid ou à une chaleur excessifs. Mais quoique ces effets des cometes soient possibles, il résulte des calculs du savant M. du Sejour, que la probabilité du danger, relativement aux 63 cometes calculées, est nulle ou infiniment petite ; à l'égard de celles dont nous ne connoissons, ni le nombre, ni la masse, ni les circonstances de leur mouvement, elles ne doivent pas troubler la tranquilité des hommes, en leur inspirant une frayeur imaginaire. L'athée peut craindre leur choc ; je ne l'en empêche pas : pour moi, qui suis persuadé que leur route a été tracée par un Etre souverainement sage & intelligent, je pense que le monde n'en a rien à craindre, & je suis persuadé que ces corps servent, au contraire, à l'harmonie & à la beauté de l'univers. Ne pourroit-on pas conjecturer que les cometes ont été destinées par l'Etre suprême, à servir d'aliment au soleil, comme le bois sert d'aliment à notre feu ordinaire, ainsi que nous l'avons dit? Comme ces astres en entrant dans l'athmosphere solaire, doivent ralentir leur mouvement, l'at-

traction du soleil les précipitera, dit-on, successivement dans cet astre (1).

42. La ressemblance entre la terre & les autres planetes est si frappante, que nous ne pouvons douter qu'elles ne soient habitées comme notre globe. Celui qui voudroit se refuser à cette croyance, ne seroit pas moins inconséquent que celui qui, dans un troupeau de bœufs, ayant vu les uns avoir les entrailles d'animaux, penseroient que les autres ne contiennent que des pierres. Nous voyons six planetes autour du soleil, elles tournent toutes les six dans des orbites elliptiques; Jupiter est applati comme la terre; il y a apparence qu'elles ont toutes un mouvement de rotation, des taches, des inégalités, des montagnes. Peut-on supposer que l'existence des êtres vivans & pensans soit restreinte à notre globe? Sur quoi se-

---

(1) Cometes que l'on craint à l'égal du tonnerre,
Cessez d'épouvanter les Peuples de la terre;
Dans un ellipse immense achevez votre cours:
Remontez, descendez près de l'astre des jours;
Lancez vos feux, volez, & revenant sans cesse,
Des mondes épuisez, ranimez la vieillesse.

roit fondé un pareil privilege ? Les plus grands Philoſophes de l'antiquité ont penſé que les planetes étoient deſtinées à recevoir des êtres vivans comme nous & qu'elles étoient habitées. Philolaüs, Nicetas, Hercelides, enſeignoient que les aſtres étoient autant de mondes ; Metrodore trouvoit qu'il étoit auſſi abſurde de ne mettre qu'un ſeul monde dans le vuide infini, que de dire qu'il ne peut croître qu'un ſeul épi de bled dans une vaſte campagne. Chaque étoile paroît être comme notre ſoleil, c'eſt-à-dire, un corps lumineux & immobile deſtiné à ſervir de centre, à retenir & à éclairer les planetes qui l'environnent (1).

Bien des gens ſeront ſans doute ſurpris que nous donnions des habitans aux planetes ; & par conſéquent aux cometes qui ſont de véritables plane-

(1) Il y a toute apparence non ſeulement que la lune, les ſatellites de Jupiter & ceux de Saturne ſont habités ; mais encore que l'anneau de cette derniere planete nourrit des êtres animés. Ces êtres ne tombent pas vers Saturne, parce qu'ils ſont retenus par la force centrale de l'anneau qui les attire avec plus de force que Saturne.

tes. Comment concevoir que des êtres vivans puissent habiter un domicile qui passe pour ainsi dire par les dernieres extrêmités du chaud & du froid.

La comete qui a paru en 1759, & dont la période est d'environ soixante dix-sept ans, doit avoir un hiver de plus de soixante-dix ans; car à proportion qu'elle s'éloigne du soleil, sa vitesse se ralentit, & son mouvement est très lent vers l'aphélie. La comete de 1680 a éprouvé, comme nous l'avons déjà dit, une chaleur très-forte; & cette chaleur, si elle suivoit la raison renversée des quarrés des distances au soleil, auroit été environ 2000 fois plus grande que celle d'un fer rouge; mais il y a apparence que la chaleur ne suit pas cette proportion. D'autre côté, chaque corps n'est susceptible que d'un degré limité de chaleur; & le fer une fois rougi, si vous continuez à l'exposer à un feu violent, se vitrifie & tombe en cendres; d'où il suit que si cette comete eût été 2000 fois plus chaude que le fer rouge, les matieres dont elle est composée doivent être différentes de toutes celles que nous connoissons & dont aucune

ne résisteroit à une chaleur de cette force. Ainsi, soit que cette comete fût d'une matiere plus compacte que celle de notre globe, soit qu'elle fût garantie par d'autres circonstances, elle a heureusement passé par son périhélie; & l'on peut croire que ses habitans auront passé avec elle. Il faut sans doute qu'ils soient d'un tempérament bien plus vigoureux & d'une constitution bien différente de la nôtre. Mais pourquoi voudroit-on que tous les êtres vivans soient faits comme nous ? N'est-il pas plus vraisemblable qu'il y a de globe en globe une variété d'organisations & de complexions relatives aux besoins des peuples qui les habitent, proportionées au lieu de leur séjour & aux changemens de température qu'ils doivent subir ? N'est-on pas revenu du préjugé qui long-temps avoit fait regarder la zone torride & les zones glaciales comme inhabitables ? N'y a-t-il aussi que des hommes sur la terre même ? Et si nous n'eussions jamais vu ni oiseaux ni poissons, ne regarderions nous pas les eaux & les airs comme dépeuplés ? Sommes-nous bien certains que le soleil n'a pas ses

habitans dont les corps ſoient faits de quelque ſubſtance inpénétrable à la flamme ? Eſt - on aſſuré que cet aſtre n'a pas ſes végétaux formés d'une pareille ſubſtance inaltérable au feu, & deſtinés à la nourriture des animaux qui y font leur ſéjour ? Diſons donc que la nature des êtres qui peuplent les cometes nous eſt inconnue ; mais ne nions pas leur exiſtence, & encore moins leur poſſibilité. Il eſt certain que les habitans des planetes, accoutumés à une température plus douce & plus égale, ſe trouveroient fort mal à leur aiſe, ſi on les tranſplantoit dans des aſtres aſſujettis aux viciſſitudes extrêmes du chaud & du froid; mais avec une ſtructure de corps différente, nous ſupporterions ces viciſſitudes & peut-être en vaudrions-nous mieux. Il eſt certain que nous ne connoiſſons pas toutes les cometes : & un Savant célebre penſe qu'il y en a au-delà de cinq cens millions dont le périhélie eſt plus près du ſoleil que celui de Saturne.

Mais qu'eſt - ce qui empêche d'en imaginer encore fort loin au - delà de cette planete ? L'eſpace s'aggrandit à

meſure qu'on s'éloigne du Soleil ; & c'eſt dans ces régions éloignées que peuvent faire leurs révolutions les plus groſſes cometes, & même des cometes à ſatellites, à qui l'énormité de leur maſſe, & leur attraction trop puiſſante, ne permettroit pas d'approcher davantage du ſoleil, où la place plus étroite demande à être ménagée. Que deviennent déſormais les planetes ? Elles ſemblent perdues dans cette foule innombrable de corps celeſtes qui environnent le ſoleil. Que la partie connue de notre ſyſtême eſt petite ! Que la terre eſt chétive, & que nous ſommes peu de choſe, nous qui rampons ſi orgueilleuſement ſur ſa ſurface !

Les planetes ſe meuvent toutes dans le zodiaque, & les plans de leur orbites s'écartent fort peu de celui de l'écliptique. Ne pourrions-nous pas penſer que l'Auteur de l'Univers a arrangé les choſes de cette maniere, pour laiſſer aux cometes un eſpace plus libre tant au deſſus qu'au deſſous du plan de l'écliptique, afin de multiplier le nombre des cometes ? Il eſt très-apparent encore que les planetes ne ſont ſi éloi-

gnées les unes des autres, que pour laisser aux cometes des intervalles à traverser. Nous aurions tort cependant de penser que toutes les cometes sont visibles; il y en a plusieurs sans doute trop petites & trop éloignées dans leur périhélie, pour être apperçues. Il y en a d'autres qui passent trop près du soleil, dans des circonstances qui nous empêchent de les observer. Le nombre de celles qu'on a vues durant les mois d'hiver est bien plus considérable que celui des cometes qui ont été remarqués durant les mois d'été, ce qu'on doit attribuer à la longueur des nuits d'hiver.

Il peut arriver encore qu'une comete, après avoir passé par son périhélie, soit détournée de son chemin par l'attraction des planetes ou de quelqu'autre comete, de maniere que son orbite s'allongeant considérablement, elle s'éloigne assez du soleil pour entrer dans le systême de quelque étoile. Etant arrivée à cette distance presqu'immense, elle pourra tourner autour de cette étoile comme une de nos planetes tourne autour du soleil; ou bien après avoir parcouru une por-

tion de ſa nouvelle orbite autour de l'étoile, elle changera de route par l'action de la force attractive des planetes, & des cometes qui appartiennent à cette étoile, entrera enſuite dans le ſyſtême de quelqu'autre étoile, qu'elle abandonnera par l'action d'une ſemblable cauſe; elle reviendra après des millions d'années ſe montrer aux habitans de notre globe auſſi brillante qu'à ſon dernier paſſage par le périhélie. J'aime à me figurer ces globes voyageurs peuplés de Savans occupés à contempler la nature en grand, comme nous la contemplons en petit. Leur domicile voguant d'un ſoleil à l'autre, les met à portée de voir les mouvemens de ces aſtres, & ceux des planetes & des cometes qui roulent autour d'eux. Nous pouvons imaginer que leur année ſe meſure par le chemin qu'ils font de ſoleil en ſoleil. Leur hiver tombe au milieu de cette route; leur été dépend de chaque paſſage par un périhélie: ils voient renaître leur printemps à chaque entrée dans un nouveau monde; en le quittant commence leur automne. Leur ſéjour eſt accommodé à toutes leurs diſtances des étoiles fixes;

& les différens degrés de chaleur font mûrir les végétaux & les fruits destinés à leur usage. Des millions d'années s'écouleront pour eux, comme les jours pour les habitans de la terre: Nous respirons un moment, & l'erreur paroît être notre partage; la science semble leur appartenir, & la longueur de leur vie est de plusieurs billions de nos siecles.

On sait que plusieurs étoiles fixes ont changé de place; & M. Mayer ne doutoit pas que cela n'eut lieu à l'égard de toutes les étoiles sans exception; ainsi l'on pourroit penser que l'Univers entier se meut, dans l'espace immense autour d'une espece de centre de gravité qui est peut-être occupé par un corps énorme placé à une distance plusieurs billions de fois plus considérable que n'est celle qui sépare le soleil des étoiles, dont celle qui est la plus voisine de nous est plus de quatre cens mille fois plus éloignée de la terre que celle-ci ne l'est du soleil. Il y a apparence que les étoiles fixes sont répandues dans l'espace à différentes distances proportionnées à l'activité de leur attraction,

& couchées par séries les unes derriere les autres. Le firmament exposé à notre vue, ne paroît être qu'une partie très-mince du tout, & la voie lactée (où il y a tant d'étoiles) n'est peut-être à l'Univers que ce que Jupiter ou Saturne avec leurs satellites sont au monde solaire.

43. La loi de l'attraction retient les planetes & les cometes autour de leur soleil. *Les étoiles fixes obéissent peut-être aux forces centrales & se meuvent dans des orbites. Chaque systême a son centre; plusieurs systêmes assemblés ont peut-être un centre commun, & les assemblages de ces assemblages paroissent aussi avoir le leur; de maniere qu'il y a un centre universel pour le monde entier, autour duquel il fait sa révolution.* Les vraies orbites des planetes, des cometes & des soleils sont des courbes dont il seroit très-difficile de déterminer la nature, tant à cause du dérangement occasioné par l'action mutuelle de ces corps qui se trouvent continuellement à différentes distances les uns des autres, qu'à cause de la force centrale qui n'est pas exactement en raison inverse des quarrés des distances. Or,

Or, les Géometres démontrent qu'un corps ne peut décrire une courbe elliptique par la combinaison d'une force tangentielle, & d'une force centrale dirigée vers l'un des foyers de l'ellipse, si cette force ne suit la raison renversée des quarrés des distances (1).

---

(1) Ceux qui ne sont pas un peu versés dans les Mathématiques, peuvent se dispenser de lire cette note, qui est très-intelligible pour les lecteurs qui ont étudié nos Institutions Mathématiques. Nous avons démontré dans cet Ouvrage; 1°. Que si un mobile *A* (*fig.* 45), reçoit une impulsion selon la direction *AC*, & qu'il soit poussé continuellement vers un point fixe *S*, que nous nommerons *foyer* ou *centre*, par une force finie, constante ou variable, c'est-à-dire, dont l'intensité ne soit pas la même à différentes distances, ce corps décrira une courbe; 2°. Que les aires *ASB*, *BSD*, que décrit le rayon vecteur autour du foyer *S*, sont égales en temps égaux; & réciproquement que si les aires sont égales, la force centrale est dirigée vers le centre *S*. C'est la raison pour laquelle, lorsque la lune se trouve vers les quadratures & les syzygies, elle décrit des aires égales en temps égaux autour de la terre, considérée comme le centre de son mouvement; ce qui n'arrive pas dans les autres circonstances, la force centrale composée, qui résulte de la combinaison de l'action du soleil, & de celle de la terre sur la lune, n'étant pas alors dirigée au même point. 3°. Les vîtesses d'un mobile aux différens point de la courbe,

DE L'ASTRONOMIE JUDICIAIRE.

44. Nous donnons le nom d'*Astronomie Judiciaire*, à cette prétendue Science dont les gens de bon sens se moquent, & qu'on nomme ordinairement *Astrologie Judiciaire*. Il y a des hommes assez extravagans pour s'imaginer que les astres ont une grande influence, non seulement sur les plantes, les huîtres & les autres

---

sont en raison inverse des perpendiculaires abaissées du foyer sur les tangentes menées aux différens points de la courbe où se trouve le mobile. Si la force centrale est dirigée au centre d'un cercle, la vîtesse du mobile sera uniforme; mais si la courbe décrite est une ellipse, une parabole ou une hyperbole, les vîtesses varieront en raison inverse des racines des distances ou des rayons vecteurs, dans la parabole; elles varieront en plus grande raison dans l'ellipse, & en moindre raison dans l'hyperbole. Comme les planetes décrivent autour du soleil des aires sensiblement proportionnelles aux temps, on doit conclure qu'elles se meuvent autour de cet astre, & que la force centrale qui les retient dans leurs orbes, est dirigée vers lui. 4°. Si la force centrale est dirigée vers le centre C d'un cercle (*fig.* 46), elle sera égale au quarré d'un arc infiniment petit *A m*, divisé par le diametre du cercle; & parce que cet arc représente l'espace que le mobile décrit dans un temps donné, & que cet espace est proportionnel à la vîtesse, on peut

teſtacées, mais encore ſur le corps humain lui-même; car le vulgaire attribue ſouvent la cauſe de certains effets à des choſes inconnues, relé-

---

dire que la force centrale dans le cercle, eſt exprimée par le quarré de la vîteſſe diviſé par le diametre du cercle. 5°. La vîteſſe d'un mobile qui circule dans un cercle, par le moyen d'une force centrale, égale à celle de la gravité, eſt égale à celle que le mobile pourroit acquérir en tombant librement le long de la moitié du rayon. 6°. Que la force centrifuge des corps ſitués ſur l'équateur terreſtre, eſt à leur peſanteur comme 1 eſt à 289, à peu près. 7°. Dans les cercles, les forces centrifuges & centripetes, ſont comme les rayons de ces cercles; & ſi les forces centrales ſont en raiſon inverſe des diſtances au centre, les vîteſſes dans différens cercles, ſeront en raiſon inverſe des racines de ces diſtances, & alors les quarrés des temps périodiques ſont dans le rapport des cubes des diſtances; réciproquement ſi les quarrés des temps des révolutions ſuivent les rapports des cubes des diſtances, les forces centrales ſuivront la raiſon renverſée des quarrés des mêmes diſtances. 8°. Si la courbe décrite eſt une parabole, ellipſe ou hyperbole, (ces courbes s'appellent *ſections coniques*), & que la force centripete ſoit dirigée vers le foyer, cette force ſuivra dans les différens points de la courbe la raiſon inverſe des quarrés des

guant dans les dernieres régions des étoiles les choses qu'il faudroit examiner ; comme ces Philosophes qui, pour s'épargner la peine d'expliquer

---

distances. 9°. Dans les ellipses, qui auroient un foyer commun, vers lequel se dirigeroit la force centrale, les quarrés des temps périodiques seroient entr'eux comme les cubes de leurs grands axes ; & par conséquent, aussi comme les cubes de demi-grands axes. Mais ces demi-grands axes sont égaux aux distances moyennes de la planete au foyer ; ainsi les quarrés des temps des révolutions, sont comme les cubes des distances moyennes, loi que le fameux Kepler a observée dans le mouvement des planetes autour du soleil. 10°. Si la force centrale suit la raison inverse des quarrés des distances, & que la direction de la force de projection soit perpendiculaire au rayon vecteur, le mobile décrira nécessairement un cercle, une ellipse, une parabole, ou une hyperbole, & ne pourra décrire aucune autre courbe. C'est donc la vîtesse de projection qui déterminera la nature de la courbe. En appellant r le rayon vecteur, la vîtesse dans l'ellipse à un point quelconque, sera égale à celle d'un cercle dont le rayon seroit plus grand que $\frac{r}{2}$; dans l'hyperbole cette vîtesse est par-tout égale à celle d'un cercle, dont le rayon est plus petit que $\frac{r}{2}$; mais dans la parabole, cette vîtesse est égale à celle d'un cercle dont le rayon est égal à $\frac{r}{2}$. Dans l'ellipse, les vîtesses sont en raison inverse

le mouvement compliqué des aſtres, ont chargé les anges du ſoin de les faire mouvoir. De même ſi les huîtres ſont plus ſucculentes dans certains temps,

---

des racines des diſtances moyennes, lorſque le mobile ſe trouve à ces diſtances moyennes, ainſi que Kepler l'a obſervé par rapport aux planetes. D'où il ſuit que ſi une planete eſt lancée dans une direction oblique à ſon rayon vecteur, avec la vîteſſe dont nous venons de parler, elle décrira une ellipſe autour du ſoleil; mais ſon orbite ſeroit circulaire, ſi la direction étoit perpendiculaire au rayon vecteur. 11°. La force centrale qui fait mouvoir la lune autour de la terre, ſuit à très-peu près la raiſon inverſe des quarrés des diſtances; & par analogie on peut conclure que la peſanteur qui retient les planetes & les cometes dans leurs orbites autour du ſoleil, & les ſatellites de Jupiter & de Saturne, dans leurs orbites autour de leur planetes principales, ſuit la même loi. Mais la parabole & l'hyperbole étant des courbes qui s'éloignent à l'infini, les planetes & les cometes, après avoir paſſé par leur périhélie, s'éloigneroient à l'infini dans l'eſpace, & ne reparoîtroient plus; ainſi les planetes ne pourront décrire que des cercles ou des ellipſes. On eſt aſſuré qu'elles décrivent des ellipſes, parce qu'elles ſont tantôt aphélies, tantôt périhélies. Si une comete décrivoit une courbe parabolique ou hyperbolique, après avoir paſſé par ſon pé-

on ne manque pas de dire que la lune les a fécondées : si la terre trop seche, si la disette de sels aériens nuisent à l'accroissement des plantes, on attri-

---

rihélie, elle s'éloigneroit de nous à des distances immenses, & parcourroit la région des étoiles fixes, à moins que quelque cause ne changeât la direction de son mouvement. 12°. Soit la terre *P* (*fig.* 47), la lune *Q* que je suppose lancée dans l'espace, dans des directions contraires, mais paralleles, avec des vîtesses *P B*, *Q C* en raison inverse de leurs masses, elles décriront en même temps des ellipses semblables, (c'est-à-dire, dont l'une sera en grand ce que l'autre sera en petit), qui auront pour foyer commun le centre *G* de gravité des deux planetes, en supposant que l'attraction suit la raison directe des masses attirantes, & la raison inverse des quarrés des distances. Cela arriveroit ainsi dans la supposition qu'on vient de faire, si la lune & la terre étoient transportées dans un même plan autour du soleil, & que leur centre de gravité seul fût attiré par le soleil. Mais le soleil trouble le mouvement de la lune & de la terre, les planetes & les cometes, exercent aussi, en s'attirant réciproquement les unes les autres, des actions qui rendent leurs orbites irrégulieres; ensorte que les planetes & les cometes ne décrivent pas des ellipses exactes, mais seulement des courbes qui approchent plus ou moins d'être elliptiques, selon que les forces réunies des

bue cet effet au défaut d'influence de la lune, on ne manque pas d'appuyer cette opinion ridicule par des histoires vraies ou fausses : on a vu dit-

---

autres planetes & cometes qui les troublent, sont moins ou plus grandes par rapport à l'action du soleil, & à la force tangentielle. Comme la masse de la lune n'est qu'environ la 71e partie de celle de la terre, le centre de gravité de ces deux planetes sera fort près de celui de notre globe, & l'on pourra regarder le centre de la terre, comme celui de l'orbite lunaire supposée circulaire. De même les centres de Jupiter & de Saturne ne sont pas exactement le centre des orbites de leurs satellites, mais seulement à peu près & sensiblement. 13°. Un corps qui pese ici 3600 livres, étant transporté à la distance moyenne de la lune, ne peseroit qu'une livre ; & si le rayon de la terre étoit double de ce qu'il est, un corps qui pese maintenant une livre, auroit une pesanteur double. 14°. La force g, attirante d'un astre m, par rapport à une planete qui circule autour de cet astre, est comme sa masse m, divisée par le quarré D^2 de la distance du corps attiré au centre de l'astre, c'est-à-dire, que $g = \frac{m}{D^2}$, si l'on exprime le temps périodique par t, l'on aura $m = \frac{D^3}{t^2}$; c'est-à-dire, que les masses des astres sont comme les cubes de la distance entre le centre de ces astres & de leurs satellites, divisé par le quarré du temps de la révolution des sa-

ou une femme dont le changement de visage suivoit ceux de la lune ; & Bartholin rapporte que les taches du visage d'une autre femme augmen-

---

tellites. Si l'on divise les cubes de ces distances par les quarrés des temps périodiques, les quotiens exprimeront les masses des corps centraux ; & en faisant la distance *D* égale au rayon de l'astre attirant, les quotiens seront comme les poids d'un même corps sur les surfaces de ces astres. Mais la quantité de matiere d'un corps étant égale au produit de son volume par sa densité, la densité sera égale à la quantité de matiere divisée par le volume, qui dans les globes est proportionel aux cubes des diametres. C'est pourquoi, si l'on divisoit les quantités de matiere ou des masses dont on vient de parler, par les cubes des diametres correspondans, ou ce qui revient au même, si l'on divisoit les poids qu'auroit un même corps sur la surface du soleil, de Jupiter, de Saturne, & de la terre, respectivement par les diametres de ces astres, on auroit leurs densités, qui selon Sigornhe, sont comme 10000, *9385*, *6567*, *39539*. Ainsi les densités des planetes iroient en diminuant, en s'écartant du soleil ; & si l'on supposoit, en effet, que la densité de Saturne fût égale à celle de la terre ; comme cette planete est beaucoup moins échauffée par les rayons du soleil, à cause de sa prodigieuse distance à cet astre, que ne l'est notre globe, le

toient ou diminuoient ſelon les phaſes de la lune. Peut-être un jour on verra des hommes qui attribueront le ſommeil & la veille au mouvement du ſoleil.

---

froid y détruiroit les plantes & les animaux, s'ils étoient ſemblables aux nôtres. On peut remarquer que les cinq ſatellites de Saturne ne donnent pas le même réſultat. Les denſités de Vénus, de Mercure & de Mars ne peuvent pas ſe trouver par la même méthode, puiſque ces planetes n'ont point de ſatellites qui tournent autour d'elles, comme Jupiter, Saturne, la terre & le ſoleil, autour duquel tournent différentes planetes. Mais voyant dans les trois planetes, dont les denſités ſont connues, une augmentation de denſité, quand on approche du ſoleil, qui ſuit le rapport des racines du temps de révolutions moyennes, il ſemble qu'on peut ſuppoſer que la même loi a lieu pour toutes les planetes. Le mouvement moyen de Jupiter étant ſuppoſé = 1, celui de la terre ſera environ 11, 86; car la révolution de la terre autour du ſoleil, eſt environ 12 fois plus prompte que celle de Jupiter. Or, la racine de 11, 86 eſt à peu près $3 \frac{1}{2}$, & la denſité de la terre eſt auſſi à peu près 3 fois & $\frac{1}{2}$ celle de Jupiter. A l'égard de la maſſe de la lune, j'ai fait voir, dans le cinquieme volume du Cours complet de Mathématiques, qu'elle eſt environ la 71e partie de celle de la terre. En

Nous ne prétendons cependant pas que les ſaiſons de l'année, la chaleur, le froid, la pureté de l'air n'influent ſur le corps humain, comme l'a remarqué

---

diviſant les maſſes d'un aſtre par les quarrés de leurs diametres, on trouvera des quotiens qui ſont entr'eux comme les eſpaces que doivent parcourir dans une ſeconde les corps ſitués ſur la ſurface des aſtres, en obéiſſant à la force attractive qui les pouſſe vers le centre de ces aſtres. 15°. Pour trouver les rapports des diſtances moyennes des planetes au ſoleil, on appellera *T* & *t* les temps périodiques des deux planetes; *D* & *d* les diſtances moyennes de ces planetes; & l'on fera la proportion $T : t :: \sqrt{D^3} : \sqrt{d^3}$. Si l'on connoît donc les trois premiers termes de cette proportion, on connoîtra le quatrieme, qui fera connoître la diſtance *d*, cherchée ou bien on fera $T^2 : t^2 :: D^3 : d^3$; le quatrieme terme de cette proportion donnera le cube de la diſtance cherchée, & la racine cubique donnera la diſtance cherchée. On peut, par le moyen de cette proportion, trouver facilement la diſtance moyenne des planetes au ſoleil, pourvu qu'on connoiſſe celle de la terre au ſoleil. Suppoſons que le temps périodique de la révolution de Mercure eſt de 87 jours, 23 heures, 15 minutes, 33 ſecondes, on fera ce temps $= t$, le temps de la révolution périodique de la terre $= T$, la diſtance moyenne de la terre au

Mead. Car les effets de l'athmosphere dépendent de la situation du soleil, de la lune & de la terre, de l'action de la lumiere, & de l'attraction : & de-là il

soleil = *D* ; & l'on trouvera facilement la distance moyenne *d* de Mercure à la terre, par la proportion dont nous venons de parler. La même méthode peut s'appliquer aux cometes. Ainsi, en supposant la distance moyenne de la terre au soleil = 1, le temps de la révolution de la comete qui a paru en 1759, de 27937 ½ jours, on fera comme le temps périodique de la terre, est à 1, racine quarrée du cube de la distance moyenne de la terre au soleil ; ainsi le temps périodique de la révolution de la comete est à un quatrieme terme, dont la racine cube du quarré donnera la distance moyenne de la comete au soleil, & dont le double donnera le grand axe de l'orbite de la comete. M. de la Caille trouve ce grand axe = 36 . 0377, en supposant celui de l'orbite terrestre = 2 ; ainsi sa distance moyenne sera = 18 . 0188 ½, en supposant la distance moyenne de la terre = 1 ; mais si l'on suppose cette distance = 34761680 lieues, de 2283 toises, telles qu'il y en a à peu près 25 au degré d'un grand cercle de la terre, on multipliera ce nombre par 18 . 0188 ½, le résultat donnera cette distance moyenne de la comete exprimée en lieues. A l'égard de la distance du soleil à la terre, on la connoît par le moyen de sa parallaxe

ſuit que certaines humeurs peuvent fermenter dans certaines ſaiſons, avec plus ou moins de violence, comme on le remarque dans les épileptiques,

---

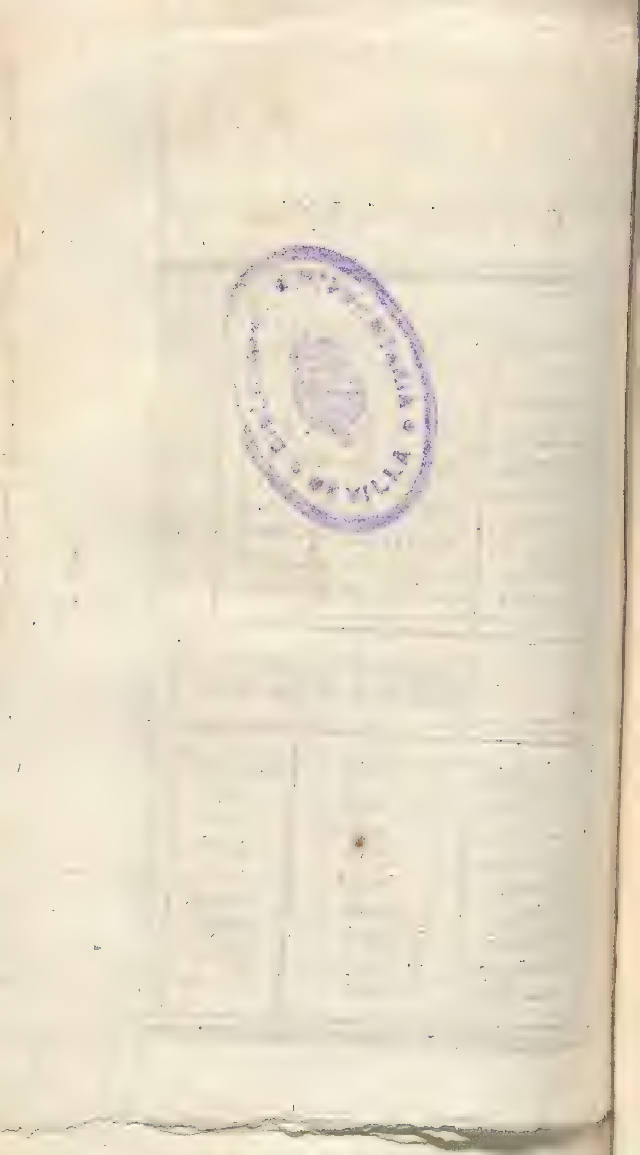
horizontale, que le dernier paſſage de Vénus ſur la diſque ſolaire donne d'environ 8 $\frac{1}{2}$ ſecondes. M. Lexell la trouve de 8 ſecondes, & $\frac{63}{100}$ de ſeconde. Nous la ſuppoſerons de 8 ſecondes & demie dans la Table ſuivante, qui contient le réſultat de preſque toute l'Aſtronomie : nous la devons au célebre M. de Lalande. Connoiſſant la parallaxe horizontale du ſoleil, on aura un triangle rectangle, dont l'hypothénuſe exprimera la diſtance du centre de la terre au ſoleil, & dont le côté oppoſé à l'angle de 8 $\frac{1}{2}$ ſecondes, ſera le rayon de la terre, qui eſt de 1432 lieues $\frac{1}{2}$. C'eſt pourquoi, en faiſant la proportion, le ſinus de 8 $\frac{1}{2}$ ſecondes, ſinus qui eſt à peu près égal à ſon arc, eſt au demi-diametre de la terre, comme le rayon eſt à la diſtance de la terre au ſoleil; le quatrieme terme fera connoître la diſtance moyenne du ſoleil à la terre. Pour l'intelligence de la Table ſuivante, on doit remarquer que les diſtances moyennes au ſoleil de Mars, Jupiter & Saturne ſont les mêmes que les diſtances moyennes à la terre, & que la lettre *D* dans la ſeconde & troiſieme colonne, indique des dixiemes; la lettre *S* des ſecondes, la lettre *M* des minutes, la lettre *H* des heures, & la lettre *J* des jours. Enfin, les chiffres qui ſont à la droite d'une

TABLE

Qui contient le Résultat des Observations les plus récentes sur les Révolutions, les Grandeurs & les Distances des Planetes.

PLANETES.	Révol. tropique, ou retour à l'équinoxe. Ans J. H. M. S. D.	Révol. sidérale, c. à. d. par rapport aux Etoiles. Ans J. H. M. S. D.	Révol. sinod. ou retour à la conjonct. J. H. M. S.	PLANETES.	Grosseur par rapport à la terre, à peu près.	Plus exactement & en décimales.	Densité par rapport à la terre : celle de la terre étant supposée 1.
Le Soleil,	1. 0. 5. 48. 45. 5	1. 0. 6. 9. 11. 2	. . . .	Le Soleil,	Quatorze cent mille fois plus gros,	1435025	0,25463
La Lune,	0. 27. 7. 43. 4. 6	0. 27. 7. 43. 11. 5	29. 12. 44. 3	La Lune,	La quarante-neuvieme de la terre,	0,02036	0,68706
Mercure,	0. 87. 23. 14. 25. 9	0. 87. 23. 15. 37. 0	115. 21. 3. 22	Mercure,	Sept centiemes,	0,06981	2,0377
Vénus,	0. 224. 16. 41. 32. 4	0. 224. 16. 49. 12. 7	583. 22. 7. 6	Vénus,	Onze douziemes de la terre,	0,91822	1,2750
Mars,	1. 321. 22. 18. 27. 3	1. 321. 23. 30. 43. 3	779. 22. 28. 26	Mars,	Trois dixiemes,	0,30155	0,72917
Jupiter,	11. 315. 8. 58. 27. 3	11. 317. 8. 51. 25. 6	398. 21. 15. 45	Jupiter,	1479 fois aussi gros que la terre,	1479	0,22984
Saturne,	29. 164. 7. 21. 50. 0	29. 176. 14. 36. 42. 5	378. 2. 8. 8	Saturne,	1030 fois aussi gros que la terre,	1030	0,10450

	Diametres en minutes & sec. (M. S.)	Diametres en lieues.	Diametres par rapport à la terre.		Masse par rapport à la terre.	Vîtesse des graves à leur surface. (Pieds.)	Distance à la terre en lieues de 2283 toises. Moyenne.	
Le Soleil,	31 57,5	323155.	Cent & 13 diam. de la terre ou 112,79	Le Soleil,	365412	433,81	34761680	Les Distances Moyennes de Mercure & de Vénus sont marquées ici par rapport au Soleil ; car, par rapport à la terre, elles sont les mêmes que la distance du soleil à la terre, ou de 34761680 lieues.
La Terre,	17,0	2865.	 1,000	La Terre,	1	15,1038	. . . . .	
La Lune,	4,642	782.	Un quart, ou $\frac{3}{11}$ du diam. de la terre 0,2730	La Lune,	0,01399	2,83	86324	
Mercure,	7,0	1180.	Deux cinquiemes 0,41176	Mercure,	0,14228	12,673	13456204	
Vénus,	16,52	2785.	Plus petit d'un $\frac{1}{33}$ 0,97196	Vénus,	1,1707	18,717	25144250	
Mars,	11,4	1921.	Deux tiers, ou 0,67059	Mars,	0,21988	7,39	52966122	
Jupiter,	3. 13,7	32644.	Onze diametres & un tiers . . 11,393	Jupiter,	340,00	39,55	180794791	
Saturne,	2. 51,7	28936.	Dix diametres de la terre . . 10,100	Saturne,	106,90	15,83	331604504	
Ann. de ♄.	6. 40,6	67518.	Vingt-trois diametres & demi 23,567					



les fous & les maniaques. Mais les *Astrologues* prétendent pouvoir annon-

---

virgule, indiquent des décimales. Les diametres exprimés en minutes & ſecondes, ſont tels qu'ils ſeroient vus à la diſtance de la terre au ſoleil. Dès qu'on connoît la diſtance & le diametre apparent d'un aſtre, on connoît facilement le diametre réel. Suppoſons que le diametre apparent d'un corps rond, éloigné de 30 millions de lieues, ſoit de 30 minutes ou d'un demi-degré. Cherchez la longueur de la circonférence d'un cercle, dont le rayon ſoit de 30000000 lieues; diviſez-la par 360 degrés, ou par 360. Le quotient exprimera la longueur d'un degré, & la moitié de cette longueur exprimera celle du diametre cherché. Avec les diſtances moyennes, qui ſont à la fin de la Table, on peut avoir facilement la plus grande & la plus petite diſtance de chaque planete à la terre; pour cela on ajoutera la diſtance de la planete au ſoleil, avec celle de la terre; la ſomme donnera la plus grande diſtance. Pour avoir la plus petite, on retranchera, à l'égard de Vénus & de Mercure, leur diſtance au ſoleil, de celle de la terre au ſoleil. A l'égard de Mars, Jupiter & Saturne, on retranchera la diſtance de la terre au ſoleil de leur diſtance au même aſtre. Si l'on diviſe les diſtances des planetes au ſoleil par 2865, ou par le nombre des lieues que contient le diametre terreſtre, on aura ces diſtances exprimées en diametres de notre globe.

cer l'avenir, & les événemens mêmes qui dépendent de la liberté des hommes, par la situation des planetes & l'aspect des astres. Ils attribuent à Saturne une nature froide, seche, ennemie du genre humain; Jupiter selon eux, est plus fortuné, chaud, sans être trop humide; Mars est sec, & plus chaud que Jupiter; le soleil est tempéré & chaud; son aspect donne la fortune & sa conjonction les malheurs; Vénus est une planete chaude, humide, moins puissante pour la fortune; Mercure est indifférent; mais la lune est très-humide. De plus, si l'on en croit les Astrologues, il y a entre les astres une espece d'amitié ou d'inimitié: Jupiter est ami de toutes les planetes excepté de Mars. Vénus est aussi amie de toutes les planetes excepté de Saturne; celui-ci aime Jupiter, le soleil & la lune, mais il est ennemi de Vénus & de Mercure. Mars déteste toutes les planetes excepté Vénus; le soleil, ami de Jupiter & de Vénus, hait Mars, la lune & Mercure.

Le signe du zodiaque dans lequel se trouvoit le soleil à la naissance d'un homme, domine, suivant les Astro-

logues, pendant la premiere année de ſa vie, ne faiſant pas attention que ſes étoiles ne ſe trouvent plus dans l'endroit dans lequel on dit que ſe trouve le ſoleil, en faiſant ſeulement attention au zodiaque rationnel. D'autre côté, ils font préſider différens ſignes aux différens membres des hommes, comme par exemple, le belier, à la tête; le taureau au cou, &c. Ils prétendent auſſi que les planetes ont différentes influences, ſelon qu'elles ſe trouvent dans leur propre maiſon ou dans celle d'un autre, dans l'exil ou dans l'exaltation : ainſi la maiſon diurne du ſoleil eſt le lion, le taureau le lieu de ſon exaltation, la balance le lieu de ſon exil ou de ſa dépreſſion ; la maiſon nocturne de la lune eſt le cancer, ſon exaltation eſt dans le taureau, & ſon exil eſt dans le ſcorpion. Il y a auſſi certains ſignes qu'on appelle trigones; le ſagittaire, le lion & le belier forment le trigone igné du ſoleil & de Jupiter ; les gemeaux, le ſcorpion & le cancer donnent le trigone aqueux de Mars, &c. Il ſeroit inutile d'entrer dans un plus grand détail, & de vouloir développer les principes

d'une prétendue ſcience qui n'en a point; d'autant plus que les différens Aſtrologues ne s'accordent pas entre eux, l'un regardant comme froid, ce que l'autre regarde comme chaud; l'un plaçant l'exaltation d'une planete, là où l'autre place ſon exil. Si vous leur demandez quels ſont les fondemens & les raiſons de leur opinion, vous trouverez qu'ils n'en ont pas d'autre que leur caprice & leur imagination. Il y avoit autrefois beaucoup d'Aſtrologues en France, & tout le monde a entendu parler des Centuries du fameux Noſtredamus: ces prétendues prophéties ſont faites d'une maniere ſi obſcure, qu'il eſt facile de leur donner un grand nombre de ſens différens; elles reſſemblent aſſez aux oracles de Delphes, qu'on pouvoit ſouvent expliquer d'une maniere conforme aux événemens, quels qu'ils fuſſent.

SECTION VII.

DU FLUX ET REFLUX DE LA MER, DE L'ÉLECTRICITÉ ET DE L'AIMANT.

CHAPITRE PREMIER.

Du Flux & Reflux de la Mer.

LES phénomenes du flux & du reflux de la mer s'expliquent avec la plus grande facilité par les principes de l'attraction. Tous les jours au passage de la lune par le plan du méridien ou quelques heures après, on voit les eaux de l'océan s'élever sur nos rivages : on assure qu'à Saint-Malo l'élévation est d'environ 45 pieds ; elles se retirent ensuite peu à près, & six heures environ, après leur plus *grande élévation*, elles se trouvent dans *l'état d'abaissement* ; ensuite elles montent de nouveau, lorsque la lune a passé par la partie inférieure du méridien, de maniere que la *basse mer* & la *haute mer* se font remarquer deux fois le jour,

en retardant chaque jour de 48 minutes plus ou moins, comme le paſſage de la lune par le méridien : les marées augmentent lorſque la lune ſe trouve dans les *ſyzygies*, c'eſt-à dire, aux *pleines & nouvelles lunes*, ou environ un jour & demi après ; & l'on remarque ſur-tout cette augmentation, lorſque la *lune eſt périgée*. On a remarqué encore une augmentation vers les équinoxes; *enſorte que les marées les plus conſidérables, quand aucune cauſe accidentelle ne dérange leur cours ordinaire, ſont celles qui arrivent dans le cas d'une ſyzygie périgée*, c'eſt-à-dire, lorſque la lune étant périgée lors des équinoxes, ſe trouve en même temps pleine ou nouvelle. Voyons maintenant ce qui doit arriver, en ſuppoſant la lune au méridien d'une plage de l'océan. « La ſurface des eaux, dit M. de Buffon, étant immédiatement ſous la lune, eſt alors plus près de cet aſtre que toutes les autres parties du globe, ſoit de la terre, ſoit de la mer; dès-lors cette partie de la mer doit s'élever vers la lune, en formant une éminence dont le ſommet correſpond au centre de cet aſtre; pour que cette éminence

puiſſe ſe former, il eſt néceſſaire que les eaux, tant de la ſurface environnante que du fond de cette partie de la mer, y contribuent, ce qu'elles font en effet, à proportion de la proximité où elles ſont de l'aſtre qui exerce cette action dans la raiſon inverſe du quarré de la diſtance : ainſi la ſurface de cette partie de la mer s'élevant la premiere, les eaux de la ſurface des parties voiſines s'éleveront auſſi, mais à une moindre hauteur, & les eaux du fond de toutes ces parties éprouveront le même effet & s'éleveront par la même cauſe, enſorte que toute cette partie de la mer devenant plus haute, & formant une éminence, il eſt néceſſaire que les eaux de la ſurface & du fond des parties éloignées & ſur leſquelles cette force d'attraction n'agit pas, viennent avec précipitation pour remplacer les eaux qui ſe ſont élevées ; c'eſt là ce qui produit le flux, qui eſt plus ou moins ſenſible ſur les différentes côtes, & qui, comme l'on voit, agite la mer non ſeulement à ſa ſurface, mais juſqu'aux plus grandes profondeurs. Le reflux arrive enſuite par la pente naturelle des eaux ; lorſ-

que l'aſtre a paſſé & qu'il n'exerce plus ſa force; l'eau qui s'étoit élevée par l'action de cette puiſſance étrangere, reprend ſon niveau, & regagne les rivages & les lieux qu'elle avoit été forcée d'abandonner, enſuite, lorſque la lune paſſe au méridien de l'antipode du lieu où nous avons ſuppoſé qu'elle a d'abord élevé les eaux, le même effet arrive; les eaux, dans cet inſtant où la lune eſt abſente & la plus éloignée, s'élevent ſenſiblement, autant que dans le temps où elle eſt préſente, & la plus voiſine de cette partie de la mer; dans le premier cas, les eaux s'élevent, parce qu'elles ſont plus près de l'aſtre que toutes les autres parties du globe; & dans le ſecond cas, c'eſt par la raiſon contraire, elles ne s'élevent que parce qu'elles en ſont plus éloignées que toutes les autres parties du globe, & l'on voit bien que cela doit produire le même effet, car alors les eaux de cette partie étant moins attirées que tout le reſte du globe, elles s'éloigneront néceſſairement du reſte du globe, & formeront une éminence dont le ſommet répondra au point de la moindre

action, c'est-à-dire, au point du ciel directement opposé à celui où se trouve la lune, ou, ce qui revient au même, au point où elle étoit treize heures auparavant, lorsqu'elle avoit élevé les eaux la premiere fois ; car lorsqu'elle est parvenue à l'horizon, le reflux étant arrivé, la mer est alors dans son état naturel, & les eaux sont en équilibre & de niveau ; mais quand la lune est au méridien opposé, cet équilibre ne peut plus subsister, puisque les eaux de la partie opposée à la lune étant à la plus grande distance où elles puissent être de cet astre, elles sont moins attirées que le reste du globe, qui étant intermédiaire, se trouve être plus voisin de la lune, & dès-lors leur pesanteur relative, qui les tient toujours en équilibre & de niveau, les pousse vers le point opposé à la lune, pour que cet équilibre se conserve. Ainsi dans les deux cas, lorsque la lune est au méridien d'un lieu ou au méridien opposé, les eaux doivent s'élever à très-peu près de même quantité, & par conséquent s'abaisser & refluer aussi de la même quantité lorsque la lune est à l'horizon, à son cou-

cher ou à ſon lever. On voit bien qu'un mouvement, dont la cauſe & l'effet ſont tels que nous venons de l'expliquer, ébranle néceſſairement la maſſe entiere des mers, & la remue dans toute ſon étendue & dans toute ſa profondeur; & ſi ce mouvement paroît inſenſible dans les hautes mers, & lorſqu'on eſt éloigné des terres, il n'en eſt cependant pas moins réel; le fond & la ſurface ſont remués à peu près également, & même les eaux du fond, que les vents ne peuvent agiter, comme celles de la ſurface, éprouvent bien plus régulierement que celles de la ſurface cette action, & elles ont un mouvement plus réglé & qui eſt toujours alternativement dirigé de la même façon ».

Ainſi s'explique le célebre M. de Buffon; mais quoique la maniere dont il rend raiſon de ces phénomenes ſurprenans paroiſſe très-lumineuſe, nous croyons qu'il ne ſera pas inutile de préſenter la cauſe du flux & reflux de la mer ſous un autre point de vue. Suppoſons la terre *B a b A* (*fig.* 48), parfaitement ronde, mais couverte par-tout d'une couche d'eau d'une

certaine épaiſſeur ; la lune ſituée en *m* attirera les eaux placées en *n*, *a*, *n*, avec plus de force que le centre *C* de la terre, qui eſt plus éloignée de cet aſtre, tandis que le point *C* ſera plus attiré que les eaux placées en *A*; c'eſt pourquoi les eaux *n*, *a*, *n* auront plus de tendance vers la lune que le centre *C* de la terre, & le centre *C* plus de tendance que les eaux ſituées en *A*. Cela fait voir que les eaux placées en *a* s'éleveront à une certaine hauteur, tandis que les eaux *A*, moins attirées que le centre *C*, reſteront un peu en arriere, la force d'inertie les tenant un peu éloignées, ou ce qui revient au même, les empêchant de reſter à la même diſtance du centre *C*. Il arrivera cependant que, ſi la lune & le ſoleil, (car le ſoleil influe auſſi ſur les marées, comme on le verra dans la ſuite,) ſont placés du même côté, les eaux en *A* ſeront un peu moins attirées que le centre *C* ; mais la différence d'attraction ſera moindre qu'elle ne l'eſt, par rapport au point *C* & aux eaux ſituées en *a*. C'eſt pourquoi les eaux ſeront beaucoup plus élevées en *t* qu'en *T*, comme l'obſervation le

prouve. A l'égard des eaux ſituées en *B* & *b*, il eſt évident que ſi l'on décompoſe la force *B m* qui pouſſent les eaux *B* vers la lune, en *C M* & *B C*, la ſeule force *B M* égale à *C m*, agira pour les élever; mais cette force doit être regardée comme égale à celle qui pouſſe le centre *C* vers *m*; c'eſt pourquoi elle ne peut produire aucun effet ſenſible, puiſque les eaux ne doivent s'élever que par la différence des forces qui pouſſent ces eaux & le centre *C* vers la lune *m*. D'autre côté, la force *B C*, qui preſſe les eaux *B* vers la terre, augmente leur peſanteur & diminue leur hauteur; enſorte que les eaux qui ſont en quadrature avec la lune, doivent s'abaiſſer; tandis que celles qui ſont en conjonction ou en oppoſition, doivent s'élever en s'écartant du centre *C* de la terre.

Le globe terreſtre, en tournant ſur ſon axe, tend à éloigner de la lune le ſommet *t* du ſphéroïde, tandis que la force attractive de cet aſtre agit pour le ramener dans la ligne *C m*, qui paſſe par le centre de la terre & de la lune; enſorte que ce ſphéroïde eſt obligé de tourner autour de notre

globe,

globe, ce qui ne peut ſe faire, à moins que chaque point *n* n'acquiere une force centrifuge d'autant plus conſidérable, que le rayon *pn* du cercle qu'il décrit eſt plus grand. L'effet de cette force centrifuge eſt d'éloigner chaque point *n* de l'axe de la terre, & de faire prendre au ſphéroïde une figure elliptique ou ovale, ſemblable à celle d'une orange, ou d'un globe un peu applati vers les poles & renflé vers l'équateur.

Si la latitude du lieu eſt aſſez conſidérable pour que la lune ne ſe couche pas dans certains temps, il n'y aura alors qu'une ſeule marée dans un jour, parce que cet aſtre ne s'approche alors qu'une fois de l'horizon dans l'eſpace de 24 heures. Sous le pole il n'y a aucune marée diurne, parce que la lune eſt à peu près également éloignée du zénith pendant toute la journée, de maniere que le ſphéroïde aqueux tourne autour du pole ſans s'élever plus d'un côté que de l'autre. Dans les lieux qui ne ſont pas ſi proches du pole, il y a deux marées ſenſibles; l'une répond à peu près au paſſage de la lune par la par-

tie ſupérieure du méridien, l'autre au paſſage du même aſtre par la partie inférieure.

Le ſoleil, en agiſſant ſur les eaux de la mer qui lui répondent, doit produire un effet ſemblable à celui de la lune, & contribuer au flux & reflux de l'océan. Si un lieu donné n'eſt pas ſitué ſous l'équateur, la marée ſupérieure, ou celle qui arrive lorſque l'aſtre eſt au deſſus de l'horizon, ſera la plus grande quand l'aſtre paſſera plus près du zénith, ou ce qui revient au même, lorſque la déclinaiſon de l'aſtre ſera du côté du pole élevé; mais la marée inférieure, qui arrive lorſque l'aſtre eſt au deſſous de l'horizon, ſera alors plus petite que quand l'aſtre étoit dans le plan de l'équateur, parce que le point oppoſé à l'aſtre, (ce point forme l'extrêmité oppoſée de l'ellipſoïde), ſera plus éloigné du zénith que de l'équateur, lorſque l'aſtre paſſera par la partie inférieure du méridien. Mais les vents du ſud & de l'oueſt, qui ſont plus fréquens & plus violens en Europe après les équinoxes que vers le ſolſtice d'été, paroiſſent déranger la

théorie ; car on a obſervé dans cette partie du monde que les marées ſont plus grandes en général après les équinoxes que vers le ſolſtice d'été. D'autre côté, la marée du ſolſtice eſt plus reſſerrée entre le continent de l'Amérique & celui de l'Afrique, que celles des équinoxes ; enſorte qu'elle doit être moins ſenſible ſur nos côtes. On peut dire encore que la force centrifuge ſous le tropique étant moindre que ſous l'équateur, les eaux y ſont plus peſantes, & obéiſſent avec moins de facilité à l'action de l'aſtre attirant.

On doit dans les marées avoir égard à l'action du ſoleil ; car dans les ſyzygies, c'eſt-à-dire, dans les pleines & nouvelles lunes, le ſphéroïde aqueux produit par la force du ſoleil, & celui qui eſt formé par l'attraction lunaire, ſont dirigés dans le même ſens ; & dans ce cas l'allongement du ſphéroïde eſt égal à la ſomme des allongemens particuliers que la lune & le ſoleil peuvent produire ſéparément. dans les quadratures au contraire, les axes de ces ſphéroïdes ſe coupent à angles droits ; enſorte que le grand axe du ſphéroïde ſolaire étant ſitué

ſur la même ligne que le petit axe du ſphéroïde lunaire, le ſoleil éleve les eaux là où la lune les abaiſſe, & réciproquement; ainſi les marées des ſyzygies ſont la ſomme des effets des forces attractives du ſoleil & de la lune; mais les marées des quadratures en ſont la différence. Quand la lune & le ſoleil ſont à quelque diſtance l'un de l'autre, ſans être ni en quadrature ni dans les ſyzygies, chacun de ces aſtres produit une élévation différente dans un lieu déterminé, & la ſomme de ces élévations donne la hauteur de la marée. Quoique la maſſe du ſoleil l'emporte beaucoup ſur celle de la lune, néanmoins comme ce dernier aſtre eſt beaucoup plus près de notre globe, ſon action ſur les eaux de l'océan eſt bien plus conſidérable que celle du ſoleil; car ſelon Newton, la force de la lune eſt à celle du ſoleil à peu près comme 9 ſont à 2; & M. Daniel Bernoulli, ayant comparé les marées des ſyzygies qui arrivent à S. Malo avec celles des quadratures, en avoit conclu quele rapport des forces de la lune & du ſoleil, eſt égal à celui de 13 à 7.

Par une méthode dont nous ne pouvons ici développer les principes, nous avons conclu, dans le tome cinquieme de notre Cours complet de Mathématiques, que la force de la lune est à celle du soleil, comme 5 sont à 2 à peu près; ensorte que le sommet du sphéroïde aqueux doit approcher environ deux fois & demie plus près de la ligne qui joint les centres de la lune & de la terre, que de celle qui va du centre de notre globe à celui du soleil; & si l'on en croit un savant, le point de la haute mer n'est mais éloigné de la premiere ligne de 15 degrés; ainsi le passage de la lune au méridien est la principale circonstance qui influe sur les temps de la haute marée; & dans une mer libre & ouverte, l'intervalle entre le temps de la haute mer, (n'ayant pas égard à l'inertie des eaux), & le passage de la lune au méridien peut aller jusqu'à une heure trois ou quatre minutes environ, lorsque la lune est apogée, & qu'elle est éloignée du soleil de 45 degrés. En effet, lorsque la lune est apogée & éloignée de 15 degrès du méridien, elle emploie environ 63

minutes pour parvenir à ce cercle. Il est bon encore d'observer que la force de la lune apogée est environ double de celle du soleil; la force de la lune périgée est triple de celle du soleil; & celle de ce dernier astre est d'un dixieme environ plus grande en hiver qu'en été, parce que dans cette derniere saison il est plus éloigné de nous qu'en hiver.

Les mouvemens postérieurs de la mer étant alterés par les précédens, les eaux agitées & troublées quelques jours après les syzygies & les quadratures, s'élevent bien plus que ne le demande le rapport des forces du soleil & de la lune. D'autre côté, les flux sont augmentés par la figure des rivages & les réflexions des eaux, ce qui les rend plus considérables que dans une mer libre. C'est pourquoi les rapports des forces lunaire & solaire qu'on voudroit conclure des observations faites en différens ports, ne s'accorderoient nullement entr'eux; la force d'inertie & les circonstances locales empêchent que les marées ne suivent la proportion que demanderoit la théorie. C'est à cause de l'inertie

que l'élevation a lieu deux ou trois heures après le paſſage de la lune au méridien; que les plus grandes marées de chaque mois arrivent environ deux ou trois jours après les nouvelles & pleines lunes; & les plus petites, deux ou trois jours après les quadratures; parce qu'il faut un certain temps aux eaux pour perdre tout le mouvement qu'elles ont d'abord reçu. Les eaux ne peuvent pas s'élever conſidérablement dans les mers fort étroites. Ce qui éleve les eaux, c'eſt leur communication entr'elles, l'augmentation de leur poids dans les quadratures, & ſa diminution dans les ſyzygies. Si l'étendue de la mer eſt peu conſidérable, il ne peut y avoir en même temps des eaux qui ſoient en quadrature avec celles qui répondent à l'aſtre qui paſſe par le méridien. Si elle eſt encore moins conſidérable, toutes les eaux ſont ſenſiblement attirées avec la même force; & comme il n'y en a pas vers le rivage qui puiſſent prendre la place de celles qui l'abandonneroient, elles doivent reſter tranquilles; c'eſt pour cette raiſon que dans la mer pacifique les marées ſont plus grandes que dans

l'océan Atlantique, & que dans la zone torride entre l'Amérique & l'Afrique, où la mer est plus resserrée, elles sont moins considérables que dans les zones tempérées. Dans la mer Atlantique, l'eau ne peut s'élever sur un rivage, qu'elle ne baisse sur l'autre. La Méditerranée n'ayant environ que 60 degrés en longitude, ne doit éprouver qu'un flux très-petit; il est cependant bien sensible dans la mer Adriatique, qui a assez de largeur. On comprend encore pourquoi les flux sont peu considérables sur les rivages des Isles fort éloignées des côtes du continent, parce qu'autant il afflue d'eau d'un côté, autant ou presqu'autant il s'en écoule de l'autre côté (1). Mais lorsque l'eau passe au-

(1) Le golfe persique a environ 250 lieues d'étendue, & la mer rouge 680; & l'on a observé que ces mers ont un flux & un reflux considérables, quoiqu'elles soient méditerranées; ce qui vient, dit-on, de ce qu'elles sont voisines de l'équateur, qu'elles sont longues & étroites, & qu'elles communiquent avec l'océan. Le mouvement de la mer se faisant d'orient en occident, elle entre avec violence dans les détroits dont

près des rivages, par des golfes & des canaux étroits, les flux & reflux doivent varier beaucoup, & les eaux doivent s'élever plus ou moins ſelon les différentes circonſtances des lieux, la figure & la ſituation des canaux par où elles ſont obligées de paſſer. Les côtes occidentales de l'Europe ſont tournées plus directement vers la lune, ſituée au méridien& c'eſt la raiſon pour laquelle on remarque un ſi grand flux ſur les côtes occidentales de l'Eſpagne, du Portugal & de l'Irlande; & ce flux arrive environ 3 heures après le paſſage de la lune par le méridien.

Les marées ſont fort compliquées aux environs du détroit de Gibraltar: on y remarque des liſieres qui ont des mouvemens différens; celles qui ſont de chaque côté paroiſſent venir des marées de la Méditerranée, & les deux

---

l'ouverture regarde l'orient, & fuit ceux dont l'ouverture eſt tournée vers l'occident; & c'eſt la raiſon pour laquelle le flux eſt ſi violent dans les premiers, ſi doux ou même inſenſible dans les autres: cependant ſi l'ouverture étoit très-petite & le golfe fort large, le mouvement communiqué ſeroit peu ſenſible.

autres qui les touchent, de celles de l'océan. La mer Caſpienne & la mer Baltique n'ont point de marées, à cauſe de leur peu d'étendue ; mais dans les mers ouvertes & qui s'étendent beaucoup d'occident en orient, comme la mer Atlantique, l'Océan pacifique & la mer d'Ethiopie, l'eau s'éleve à 6, 9, 12, & quelquefois même juſqu'à 15 pieds. Les côtes, les golfes, les baies, les détroits, les bancs de ſable doivent faire beaucoup varier les marées. On conçoit en effet facilement que, ſi une lame d'eau de 12 pieds de hauteur & de 20 lieues de largeur vient à être pouſſée dans un détroit qui aille en ſe rétreciſſant, de maniere que cette maſſe d'eau ſoit obligée de ſe reſſerrer dans la largeur d'une lieue par exemple, elle s'élevera conſidérablement, & formera une marée très-haute. Dans la mer Atlantique & ſur les côtes occidentales d'Europe, le flux & reflux arrive aſſez comme le demande la poſition de la lune ; & l'eau parvient communément à ſa plus grande hauteur, environ trois heures après le paſſage de cet aſtre par le méridien, ſur les côtes

d'Espagne, de Portugal, & sur celles de l'occident d'Irlande. Delà elle s'écoule par les détroits adjacens, se répand par deux courans au midi de l'Angleterre & au nord de l'Ecosse, s'éleve plutôt où elle arrive plutôt, & commence à baisser dans certains endroits, tandis que les courans avancent encore dans d'autres lieux plus éloignés. Quand ces courans reviennent, ils ne produisent point de marées, parce que l'eau s'écoule trop rapidement, jusqu'à ce que, par un flux poussé par le vaste océan, le retour du courant soit arrêté, & que l'eau commence à s'élever de nouveau.

On sent donc qu'il doit y avoir de grandes différences pour le temps de la marée, comme il y en a pour la hauteur, par la situation des rivages, selon qu'ils sont plus ou moins escarpés, qu'ils ont plus ou moins de sinuosités pour retenir l'eau, & qu'ils se présentent plus ou moins directement aux courans. Aux embouchures de la Garonne & de la Loire, qui sont dirigées vers le grand Océan, aux temps des nouvelles & pleines lunes, le flux arrive environ trois heures

après le passage du soleil & de la lune par le méridien, ou trois heures après midi, ce qui est le temps où il doit naturellement arriver; ainsi la marée n'a pas été retardée par les côtes, mais elle y est produite par les eaux qui viennent directement de l'océan. Il n'en est pas de même à Ostende, au Havre, à Saint-Malo, à Dunkerque; le flux n'arrive dans ces lieux que par les courans qui se forment sur les rivages, & par conséquent successivement; savoir, à six heures à Saint-Malo, à neuf heures au Havre, & à minuit à Ostende. A Dunkerque, la haute mer s'observe souvent à minuit aux temps des syzygies; mais ce flux est une suite de celui qui a été produit par le précédent passage du soleil & de la lune au méridien, & qui n'arrive à Dunkerque qu'environ 12 heures après ce passage. A Batsham, port du Royaume de Tonquin, il y a deux entrées; l'une par la mer de la Chine, entre le Continent & Manille; l'autre par l'océan Indien, entre le Continent & l'Isle de Bornéo. Le flux arrive par l'une de ces contrées à la troisieme heure de

la lune; & ſix heures après, par l'autre entrée, c'eſt-à-dire, à la neuvieme heure de la lune, à cauſe de leur différente ſituation. C'eſt pourquoi, ſi les marées ſont égales, l'une arrivant, tandis que l'autre ſe retireroit, l'eau doit reſter tranquille ſans aucun mouvement. C'eſt auſſi ce qui arrive lorſque la lune eſt dans le plan de l'équateur; parce qu'alors les marées du matin ſont à peu près égales à celles du ſoir; mais ſi la lune commence à décliner du même côté de l'équateur que Batsham, ſitué à vingt degrés, cinquante minutes de latitude ſeptentrionale, les marées qui ſe ſuivent ne ſeront point égales; enſorte que celle qui arrive d'un côté ſurpaſſera celle qui vient de l'autre côté; la marée durera 12 heures, & l'on n'aura qu'un flux & un reflux par jour. Ce ſera la même choſe, lorſque la lune aura une déclinaiſon auſtrale, avec cette différence, que dans le premier cas les eaux auront leur plus grande hauteur environ ſix heures après le coucher de la lune, & qu'elles ſeront baſſes à ſon lever; mais dans le ſecond cas elles ſeront hautes au le-

ver, & basses au coucher de cet astre.

Par un calcul dont le détail n'entre pas dans le plan de cet Ouvrage, nous avons fait voir, dans le cinquieme volume de notre Cours complet de Mathématiques, 1°. Que la masse de la lune est environ la 71e partie de celle de la terre; 2°. Que le soleil peut élever les eaux de l'océan à la hauteur d'environ 2 pieds; mais la lune périgée ayant une force triple, les élevera à la hauteur d'environ 6 pieds; tandis que la lune apogée ne pourra les élever qu'à la hauteur d'environ 4 pieds. Lorsque cet astre sera dans sa moyenne distance, sa force qui est alors deux fois & demie aussi grande que celle du soleil, les fera monter à la hauteur d environ 5 pieds: il suit delà que les marées moyennes doivent en pleine mer être d'environ 7 pieds, les grandes d'environ 8 pieds, & les plus petites d'environ 6 pieds. Cette hauteur est néanmoins souvent diminuée par la résistance du fond; elle n'est que de 3 pieds à l'Isle de Sainte-Helene; au Cap de Bonne-Espérance, aux Moluques & aux Philippines, & elle

eſt d'un pied, dit-on, au milieu de la mer du ſud ; elle eſt ſouvent augmentée par la ſituation & la figure des côtes ; elle monte quelquefois juſqu'à plus de 45 pieds à Saint-Malo. Les marées ſont plus fortes dans la zone torride, entre les tropiques, que dans le reſte de l'océan ; elles ſont auſſi beaucoup plus ſenſibles dans les lieux qui s'étendent d'orient en occident, dans les golfes qui ſont longs & étroits, & ſur les côtes où il y a des Iſles & des promontoires. A l'une des embouchures du fleuve Indus, les eaux s'élevent de 30 pieds ; le flux eſt auſſi fort remarquable auprès de Malaye, dans le détroit de la Sonde, dans la mer rouge, dans la baie de Nelſon, à 55 degrés de latitude nord, où il s'éleve à 15 pieds, à l'embouchure du fleuve Saint-Laurent, ſur les côtes de la Chine, ſur celles du Japon, à Panama, dans le golfe de Bengale, &c.

Je ne diſſimulerai pas ici que, ſelon Newton, le ſoleil peut élever les eaux marines à la hauteur de 2 pieds environ, & la lune à la hauteur d'environ 8 pieds & demi ; enſorte que

les forces combinées de ces deux aſtres pourroient les élever à la hauteur d'environ 10 $\frac{1}{2}$ pieds ; mais le principe d'où ce grand homme eſt parti n'étant pas exact, ſon calcul ne peut pas l'être non plus. La révolution de la terre ſur ſon axe étant beaucoup plus prompte que celle de la lune autour de la terre, les choſes ſe paſſent relativement aux marées, comme ſi la lune alloit d'orient en occident ; de maniere que l'axe du ſphéroïde que forment les eaux faiſant continuellement effort pour ſuivre cet aſtre, l'océan ſe meut de l'eſt à l'oueſt. Ce mouvement de la mer d'orient en occident eſt très-ſenſible dans tous les détroits : par exemple, au détroit de Magellan, le flux éleve les eaux à près de vingt pieds de hauteur ; & cette intumeſcence dure ſix heures, au lieu que le reflux ou la détumeſcence ne dure que deux heures, & l'eau coule vers l'occident ; ce qui prouve évidemment que le reflux n'eſt pas égal au flux, & que de tous deux il réſulte un mouvement vers l'occident, mais beaucoup plus fort

dans le temps du flux que dans celui du reflux ; les navigateurs ont souvent observé ce mouvement en allant de l'Inde à Madagascar & en Afrique ; il se fait sentir aussi dans la mer Pacifique, entre le Bresil & les Moluques & dans le détroit de Magellan. Dans le détroit des Manilles & dans tous les canaux qui séparent les Isles Maldives, la mer coule d'orient en occident, comme aussi dans le golfe du Mexique, entre Cuba & Jucatan : dans le golfe de Paria, ce mouvement est si violent, qu'on appelle ce détroit *la gueule du dragon* ; dans la mer de Canada ce mouvement est aussi très-violent, aussi bien que dans la mer de Tartarie & dans le détroit de Waigats, par lequel l'océan, en coulant avec rapidité d'orient en occident, charie des masses énormes de glace de la mer de Tartarie dans la mer du nord de l'Europe. La mer Pacifique coule de même d'orient en occident par les détroits du Japon ; la mer du Japon coule vers la Chine ; l'océan Indien coule vers l'occident dans le détroit de Java & par les

détroits des autres Isles de l'Inde. On ne peut donc pas douter que la mer n'ait un mouvement constant & général d'orient en occident, & l'on est assuré que l'océan Atlantique coule vers l'Amérique, & que la mer Pacifique s'en éloigne, comme on le voit évidemment au cap des courans, entre Lima & Panama. Dans la principale des Isles Orcades, il y a, dit-on, des côtes composées de rochers coupés à-plomb & perpendiculaires à la surface de l'océan, & l'on assure que la hauteur du rivage est de 200 pieds. La marée dans cet endroit est fort considérable, comme elle l'est ordinairement dans tous les endroits où il y a des terres avancées & des Isles; mais lorsque le vent est fort, ce qui est très-ordinaire en Ecosse, & qu'en même temps la marée monte, le mouvement est si grand & l'agitation si violente, que l'eau s'éleve jusqu'au sommet des rochers qui bordent la côte, c'est-à-dire, à 200 pieds de hauteur, & qu'elle y tombe en forme de pluie. Cette violente agitation détruit, mine & ronge peu à peu les terreins des côtes; les eaux

en détachent différentes matieres qu'elles apportent au loin ſur les rivages, & qu'on ne trouve jamais qu'après de grandes tempêtes, comme de l'ambre gris ſur les côtes occidentales de l'Irlande (1), de l'ambre

---

(1) *L'ambre* paroît être du miel qui eſt très-commun dans les forêts du nord, modifié par les eaux de la mer; de maniere que cette matiere, tendre ſous l'eau, ſe durcit lorſqu'elle eſt expoſée à l'action de l'air. Un ſavant Seigneur Perſan penſoit, au rapport de Chardin, que l'ambre gris n'eſt autre choſe que de la cire & du miel congelés enſemble: la différence qu'on remarque entre cet ambre & l'ambre noir, dont on fait moins de cas, paroît dépendre de la qualité du miel; car le miel noir ou noirâtre n'eſt pas auſſi bon que le blanc ou le jaune. Chardin a auſſi obſervé que l'ambre nouvellement pêché a une odeur forte & déſagréable, qu'il perd avec le temps, parce que les ſels & les huiles qui la produiſent, s'évaporent à la longue, ne laiſſant que les ſels eſſentiels à la conſervation des qualités q'uon y recherche.

L'ambre jaune de Pruſſe paroît auſſi tirer ſon origine du miel fondu, coagulé enſuite ſous les eaux. Ne pourroit-on pas penſer que pour défricher les terres des environs de Dantzick, on a autrefois mis le feu aux forêts, ce qui aura fait couler le miel, (qu'on trouve ſouvent dans les arbres des

jaune ſur celles de Pomeranie, des cocos ſur les côtes des Indes, &c. La mer, par ſon mouvement général de l'eſt à l'oueſt, doit porter ſur les côtes de l'Amérique les productions de nos rivages; mais il y a apparence que ce n'eſt que par des mouvemens irréguliers qu'elle tranſ-

---

forêts du nord,) dans des terreins humides & des mares d'eau où il ſe ſera raſſemblé en maſſe; & cette eau, imprégnée de ſoufre, de ſels & de bitume, aura produit ſur le miel le même effet que les eaux de la mer, & l'aura changé en ambre jaune de la même couleur que le miel du nord, qui eſt moins pur & moins délicat que celui des pays chauds? On trouve quelquefois cet ambre dans le ſein de la terre, en Pomeranie, en Pruſſe, ſur les côtes de Provence, & aux environs de Marſeille, dans des fentes de rocher, & l'on remarque ſouvent des mouches dans ſa ſubſtance; il y a lieu de croire que les abeilles, trouvant dans ces rochers des ruches naturelles, y auront dépoſé leur miel. L'ambre gris eſt fort commun ſur la côte d'Ajan, bordée par-tout de rochers peuplés d'abeilles : la chaleur de l'Afrique peut fondre aiſément le miel que produiſent ces abeilles, & le faire couler dans la mer. On obſerve ſouvent dans l'ambre des mouches, des fourmis & d'autres inſectes qui recherchent le miel dont il eſt compoſé.

porte ſur nos côtes les productions des Indes orientales & occidentales; elle apporte auſſi des productions du nord, & ſans doute les vents entrent pour beaucoup dans les cauſes de ces effets. On a vu ſouvent dans les hautes mers & dans un très-grand éloignement des côtes, des plages entieres couvertes de pierres ponces; on ne peut guere ſoupçonner qu'elles puiſſent venir d'ailleurs que des volcans des Iſles ou de la terre ferme; & ce ſont apparamment les courans qui les tranſportent au milieu des mers.

Il y a des endroits où le mouvement général d'orient en occident n'eſt pas ſenſible; il y en a d'autres où la mer a même un mouvement contraire, comme ſur la côte de Guinée; mais ces mouvemens contraires au mouvement général ſont occaſionnés par les vents, par la poſition des terres, les inégalités du fond de la mer, & les eaux des grands fleuves. Toutes ces cauſes produiſent des courans qui alterent, & changent ſouvent tout-à-fait la direction du mouvement général dans

plusieurs endroits de l'océan. C'est pourquoi, quoiqu'il semble d'abord que la mer doit gagner du errein vers l'occident, & en laisser vers l'orient, cependant dans les lieux où les vents d'ouest soufflent pendant la plus grande partie de l'année, comme en Angleterre & en France, l'océan gagne du terrein vers l'orient; mais ces exceptions particulieres ne détruisent pas l'effet de la cause générale.

Les observations que les navigateurs ont faites avec la sonde ne permettent pas de douter qu'il n'y ait au fond de la mer des inégalités & des montagnes très-considérables. Les plongeurs assurent aussi qu'il y a d'autres petites inégalités formées par des rochers, & qu'il fait très-froid dans les vallées de la mer. Par la carte que M. Buache a dressée de la partie de l'océan, comprise entre les côtes d'Amérique & celles d'Afrique, & par les coupes qu'il donne de la mer, depuis le cap Tagrin jusqu'à la côte de Rio-grande, il paroît qu'il y a des inégalités dans l'océan comme sur la terre. On trouve au fond de la mer du sable, des pierres, du

marbre, des vaſtes endroits couverts de coquillages, de madrepores & d'autres ouvrages des inſectes marins. C'eſt aux inégalités du fond de l'eau qu'on doit attribuer l'origine des *courans*. La plupart ſont produits par le flux & reflux de la mer, & dirigés par les inégalités du fond; ils ſuivent régulierement les marées, & changent de direction à chaque flux & à chaque reflux. Il y en a d'autres qui doivent leur exiſtence aux vents; ils ſuivent auſſi la direction des colines cachées ſous les eaux; ils ne ſont preſque jamais oppoſés directement au vent qui les produit; & ceux qui ont le flux & reflux pour cauſe, ne ſuivent pas pour cela la même direction. Lorſque les vents viennent à changer, la direction des courans qu'ils produiſoient doit auſſi changer; & c'eſt auſſi ce que l'on a remarqué aux Maldives & entre les Iſles de la mer des Indes, où les courans ſont comme les vents, pendant ſix mois dans une direction, & pendant ſix autres mois dans une direction oppoſée. Un courant eſt une eſpece de fleuve dont la largeur

eſt déterminée par celle de la vallée dans laquelle il coule, dont la vîteſſe dépend de l'intenſité de la force qui le produit, combinée avec la largeur de l'intervalle par où il doit paſſer, & dont la direction eſt tracée par la poſition des inégalités & des collines entre leſquelles il doit prendre ſon cours.

On remarque que les bords qui contiennent les rivieres, forment des angles alternativement oppoſés; enſorte que quand un fleuve fait un coude, l'un des bords du fleuve forme d'un côté un enfoncement ou angle rentrant dans les terres; & l'autre bord au contraire forme une pointe ou un angle ſaillant hors des terres; & il y a toute apparence que les courans de la mer coulent entre des collines qui ont la même diſpoſition. Un Savant célebre (qui aſſure que les couches ſuperficielles du globe ont été formées par le mouvement des eaux marines), a voulu conclure delà que nos collines & nos montagnes ont pris la figure qu'elles ont, par l'action des courans de la mer, qui ſont, ſelon lui, la cauſe de la correſpondance des angles

gles des montagnes, ne faisant pas attention que ces courans, même dans ses principes, présupposent l'existence des inégalités & des collines de l'océan.

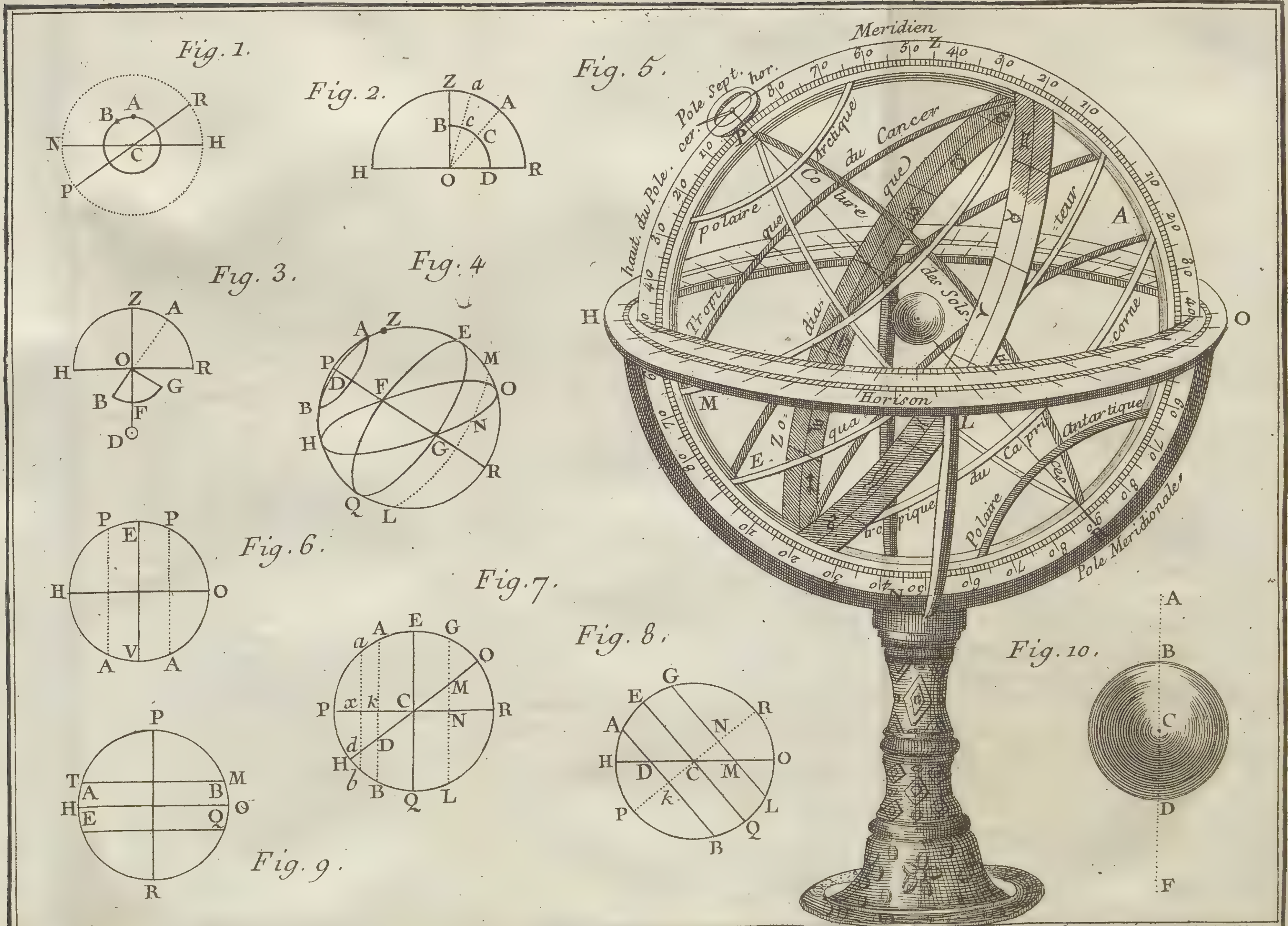
Les principaux courans de la mer sont ceux qu'on a remarqués dans l'océan Atlantique près de la Guinée; leur mouvement est d'occident en orient, & ils s'étendent depuis le Cap-Verd jusqu'à la baie de Fernandopo. Ces courans sont violens, car les vaisseaux peuvent venir en deux jours de *Moura* à *Rio* de *Benin*, en faisant une route de plus de 150 lieues. On observe auprès de Sumatra des courans rapides qui vont du midi au nord. On remarque des courans semblables entre l'Isle de Java & la terre Magellanique. Il y a aussi des courans considérables entre l'Isle de Madagascar & le cap de Bonne-Espérance, & principalement sur la côte d'Afrique, entre la terre de Natal & le cap. Dans la mer Pacifique, sur les côtes du Perou & du reste de l'Amérique, les eaux se meuvent du midi au nord, & il y regne, dit-on, constamment un vent de midi qui semble être la

cauſe de ces courans : on remarque le même mouvement du midi au nord ſur les côtes du Breſil, depuis le cap Saint-Auguſtin juſqu'aux Antilles, aux Philippines, à l'embouchure du détroit des Manilles & au Japon dans le Port de Kibuxia. Aux Iſles Maldives, les courans ſuivent la direction des vents mouſſons ; les eaux coulent pendant ſix mois de l'eſt à l'oueſt, & rétrogradent pendant les ſix autres mois d'occident en orient. On obſerve dans l'océan Indien, (qui eſt entrecoupé d'un grand nombre d'Iſles & de bancs), des courans très-rapides, qui rendent la navigation très-dangereuſe.

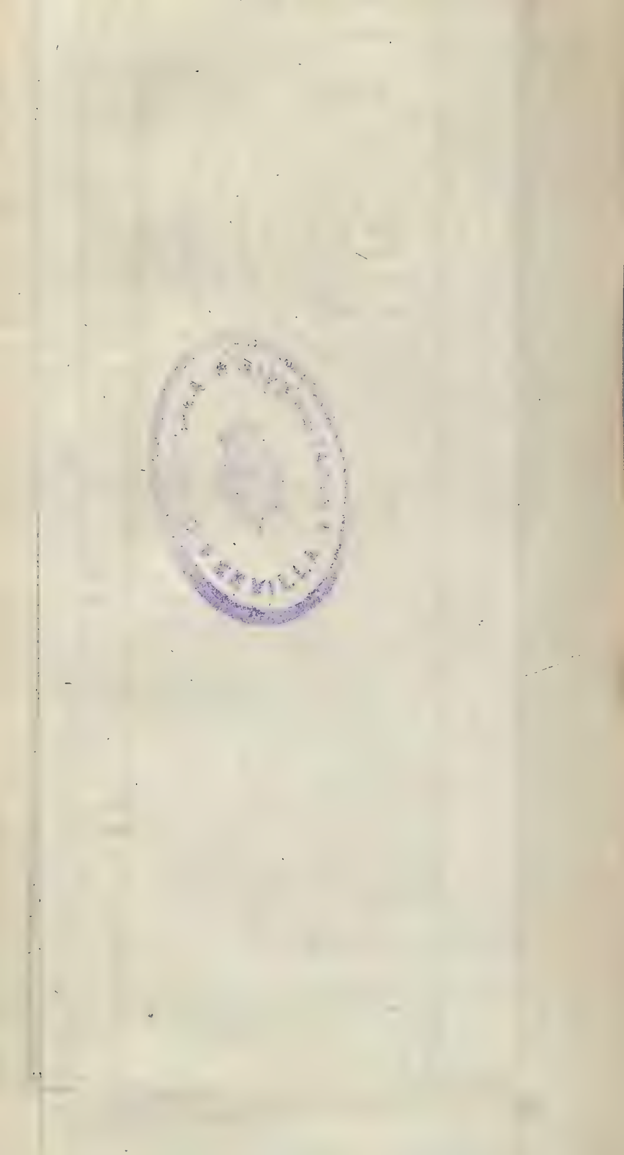
Les gouffres ne paroiſſent être que des tournoiemens d'eau produits par l'action de deux ou de pluſieurs courans oppoſés. L'Euripe, ſi célebre par la mort d'Ariſtote, abſorbe & rejette alternativement les eaux ſept fois en vingt-quatre heures. Le Carybde, ſitué près du détroit de Sicile, rejette & abſorbe les eaux trois fois en vingt-quatre heures; mais on n'eſt pas trop ſûr du nombre de ces alternatives de mouve-

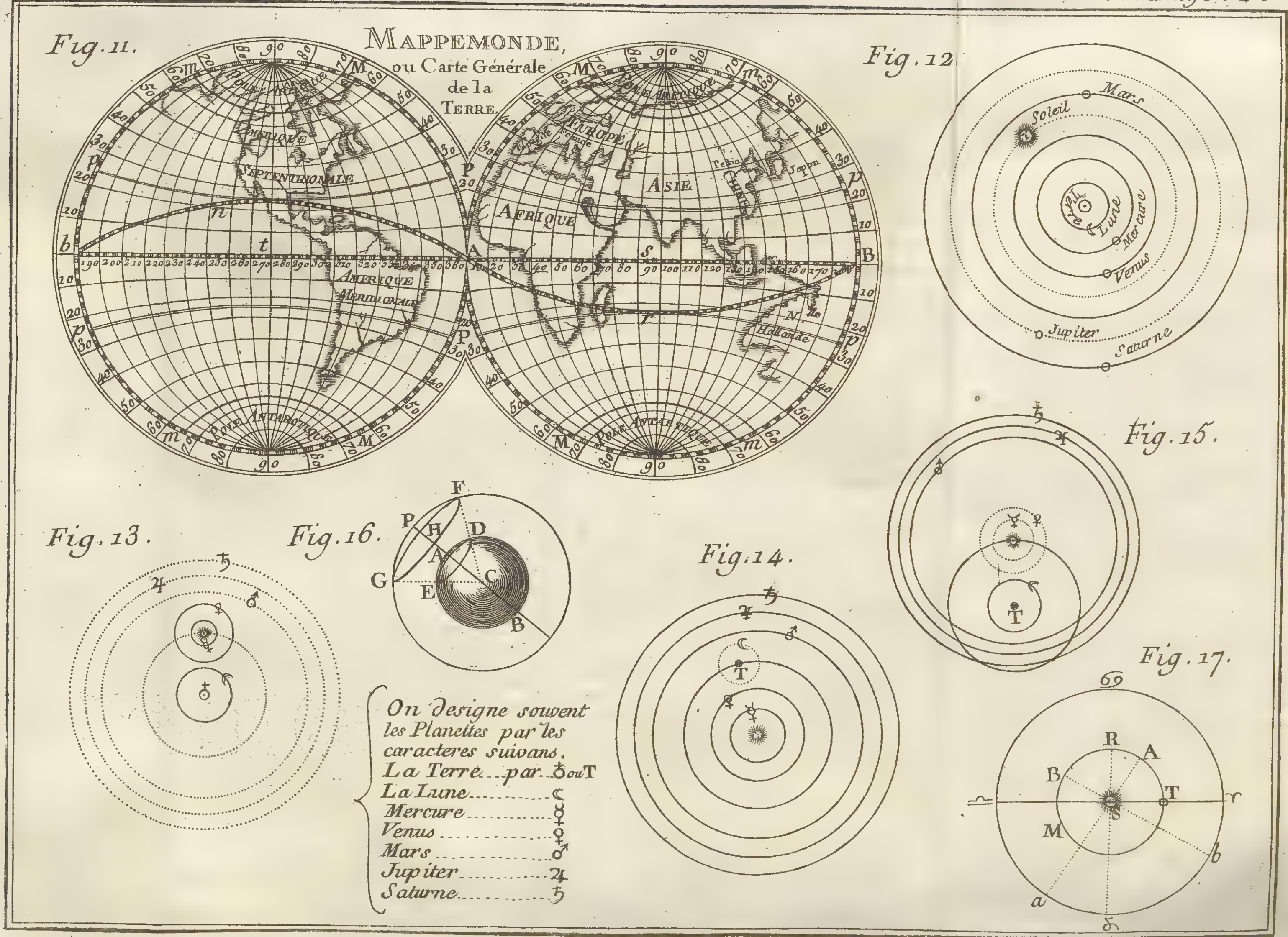
ment dans ces gouffres. « Le Docteur Placentia, dans ſon Traité qui a pour titre *l'Egeo redivivo*, dit que l'Euripe a des mouvemens irréguliers pendant 18 ou 19 jours de chaque mois, & des mouvemens réguliers pendant 11 jours; qu'ordinairement il ne groſſit que d'un pied, & rarement de deux; il dit auſſi que les Auteurs ne s'accordent pas ſur le flux & le reflux de l'Euripe; que les uns diſent qu'il ſe fait deux fois, d'autres ſept, d'autres onze, d'autres douze, d'autres quatorze fois en 24 heures; mais que *Loirius* l'ayant examiné de ſuite pendant un jour entier, il l'avoit obſervé à chaque ſix heures d'une maniere évidente, & avec un mouvement ſi violent, qu'à chaque fois, il pouvoit faire tourner alternativement les roues d'un moulin ». Le gouffre de la mer de Norvége, le plus grand que l'on connoiſſe, a dit-on, plus de 20 lieues de circuit : il abſorbe pendant ſix heures tout ce qui eſt dans ſon voiſinage, les baleines, les vaiſſeaux, & rend enſuite pendant autant de temps tout ce qu'il a abſorbé. Il

n'eſt pas néceſſaire, dit M. de Buffon, de ſuppoſer dans le fond de la mer, des trous & des abymes qui engloutiſſent continuellement les eaux, pour rendre raiſon de ces gouffres; on ſait que quand l'eau a deux directions contraires, la compoſition de ces mouvemens produit un tournoiement circulaire, & ſemble former un vuide dans le centre de ce mouvement, comme on peut l'obſerver dans pluſieurs endroits, auprès des piles qui ſoutiennent les arches des ponts, ſur-tout dans les rivieres rapides; il en eſt de même des gouffres de la mer, ils ſont produits par le mouvement de deux ou de pluſieurs courans contraires; & comme le flux ou le reflux ſont la principale cauſe des courans, enſorte que, pendant le flux, ils ſont dirigés d'un côté, & que pendant le reflux, ils vont en ſens contraire; il n'eſt pas étonnant que les gouffres qui réſultent de ces courans, attirent & engloutiſſent pendant quelques heures tout ce qui les environne, & qu'ils rejettent enſuite pendant tout autant de temps tout ce qu'ils ont abſorbé.

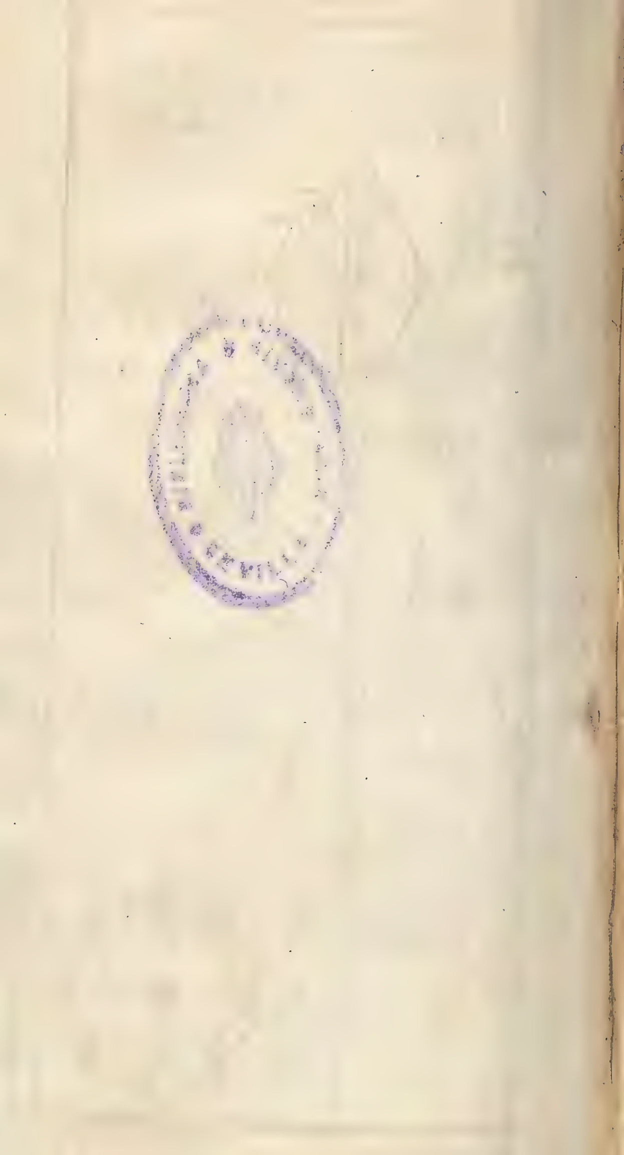


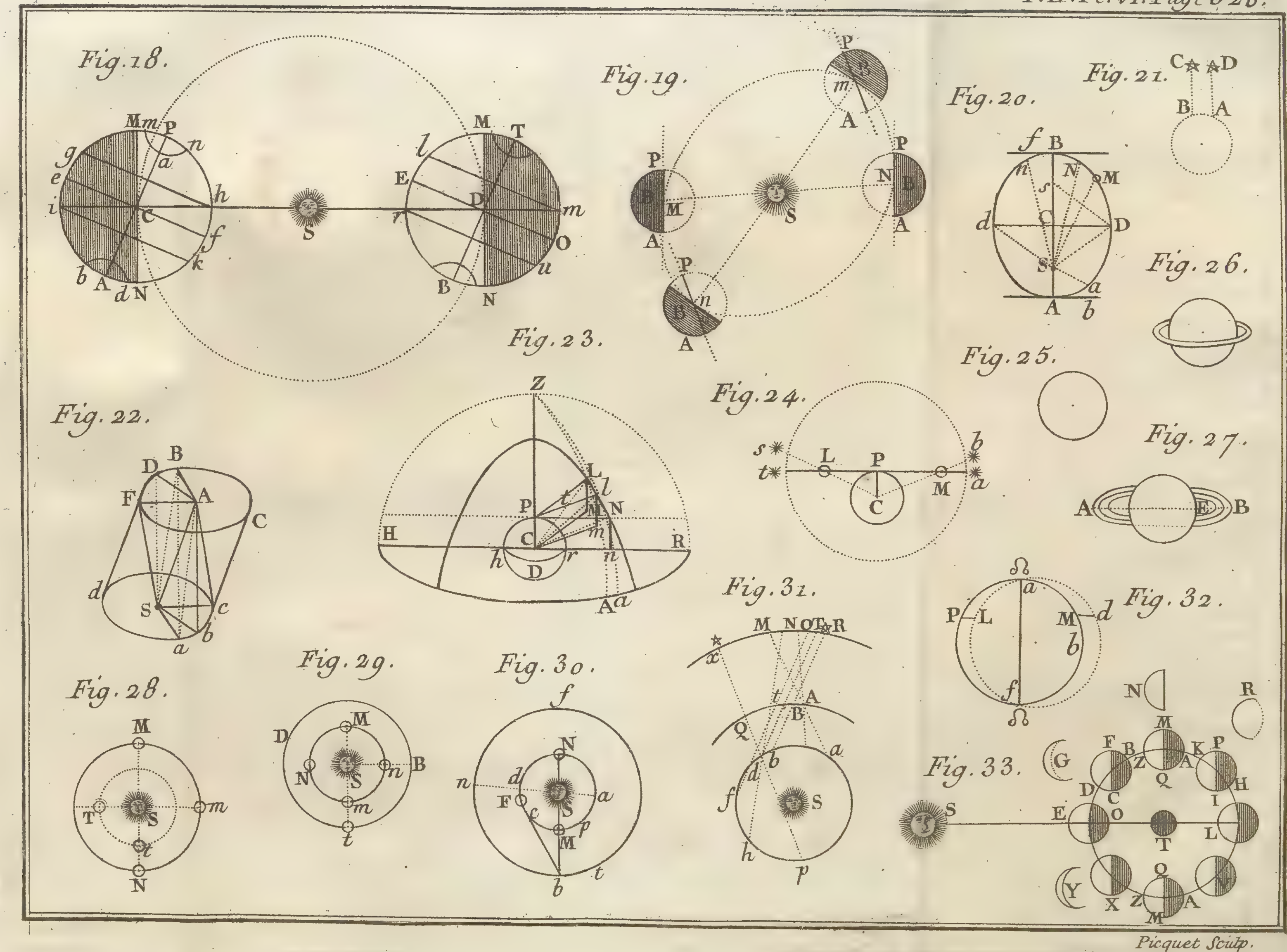
Picquet Sculp.



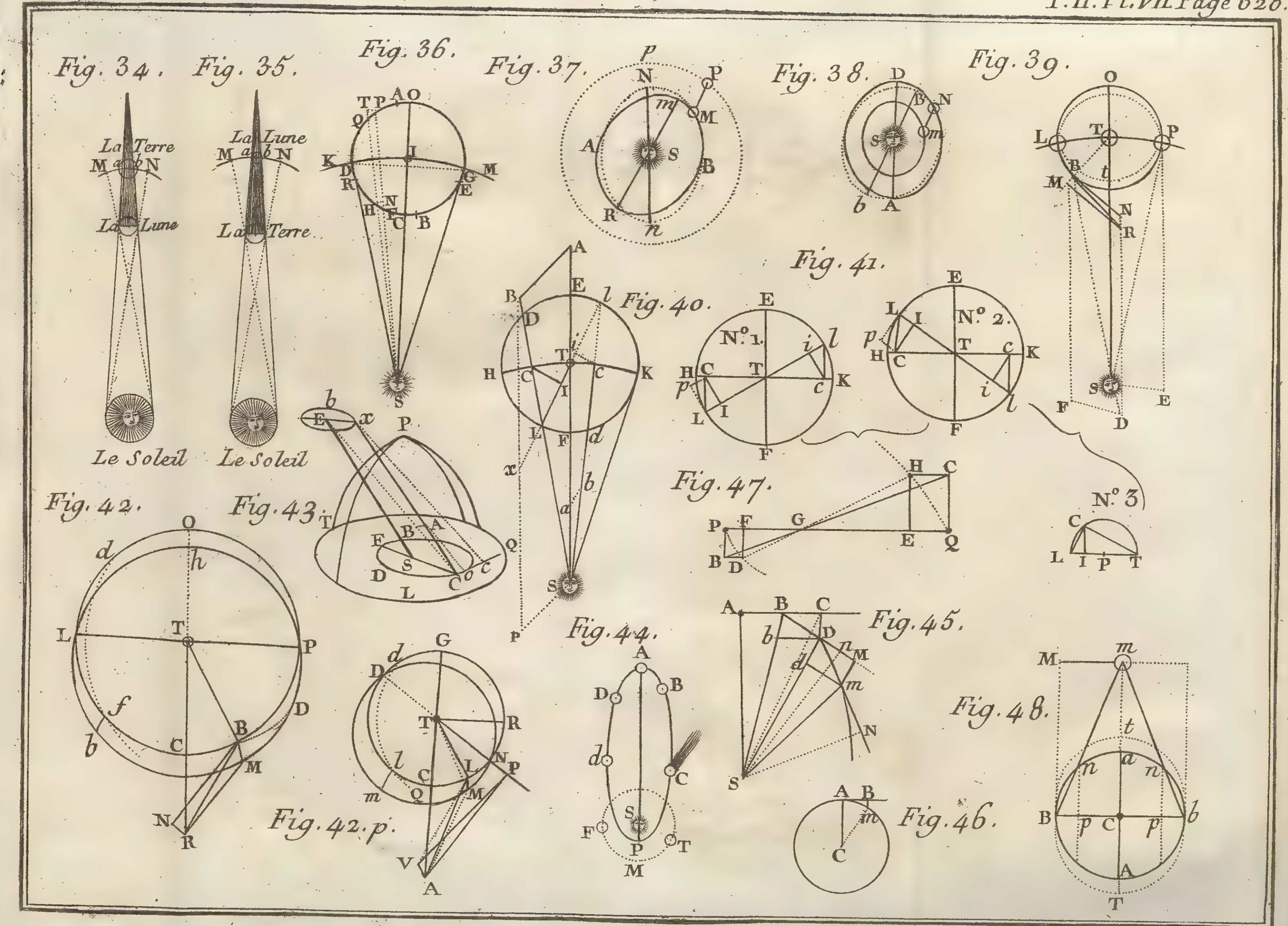


Picquet Sculp.





Picquet Sculp.



Picquet Sculp.



La force attractive du soleil, & même celle de la lune sur l'athmosphere, sont des causes capables de produire dans l'air un mouvement semblable à celui du flux & du reflux dans la mer. Mais d'habiles Physiciens pensent que l'agitation, aussi bien que le mouvement d'orient en occident, que peut produire l'attraction lunaire & solaire dans l'athmosphere, sont peu considérables, en comparaison du vent que peut produire le soleil en raréfiant l'air qui environne notre globe.

CHAPITRE II.

De l'Electricité.

L'*Electricité* est une propriété des corps si connue, & en même temps si célebre parmi les Physiciens modernes, qu'on ne doit pas trouver extraordinaire que nous en disions quelque chose. Son nom lui vient du mot latin *Electrum*, qui signifie *succin* : ce corps étant frotté, acquiert la force d'attirer d'autres corps légers, comme des pailles, par exem-

ple. Il est un grand nombre d'autres corps, qui étant frottés, forgés, exposés à l'action du feu, du soleil, ou échauffés par du sable chaud acquierent la vertu d'attirer à eux des corpuscules placés à une certaine distance ; ils les repoussent après les avoir attirés, & jettent souvent une lumiere assez sensible. En effet, des tubes de verre échauffés par l'action du feu, par la chaleur du soleil, deviennent électriques. La poix récemment fondue, le soufre coulé depuis peu de temps dans un vase, la colophone récente, la pierre qu'on nomme *tourmaline*, & plusieurs autres corps, deviennent électriques par l'action de la chaleur. Il est même des poissons qui sont électriques au milieu des eaux.

La vertu électrique du succin, n'a pas été entierement inconnue des Anciens, ils ont même fait mention de plusieurs pierres, dans lesquelles ils ont remarqué la même propriété : telle étoit une pierre de Chypre à moitié jaspe & à moitié émeraude, l'escarboucle, la pierre nommée *sagdo gemma*, ou *sagna*, dont la cou-

leur eſt ſemblable à celle du porreau, & qui attire le bois comme l'aimant attire le fer, le jais & les bélemnites. Mais depuis le dernier ſiecle, Gaſſendi, Gilbert, les Académiciens de Florence, Dufay, le Duc de Noya-caraffa, & pluſieurs autres Phyſiciens, ſe ſont appliqués avec ſuccès à la recherche des corps dans leſquels cette vertu ſe manifeſte.

On appelle *idioélectriques* les corps qu'on peut électriſer par le frottement, en les forgeant ou en les échauffant. L'expérience a découvert un grand nombre de corps que le frottement peut rendre électriques : telles ſont preſque toutes les pierres précieuſes connues, comme les diamans, les ſaphirs, l'eſcarboucle, l'opale, l'amétyſte, &c. telles ſont auſſi pluſieurs pierres, comme le plâtre, les cryſtaux; telles ſont les réſines terreſtres, dures, pures ou mêlées avec des terres, comme le bitume de Judée, le ſoufre; tels ſont les ſels, comme le ſel gemme, l'alun : tels ſont les verres de toute eſpece, les verres chargés de parties métalliques, comme le verre d'an-

timoine, la porcelaine. On doit encore ranger au nombre des corps idioélectriques, les végétaux desséchés; tels que tous les bois connus: les cordes de chanvre, les fils de lin, le coton, le papier, les feuilles des arbres, l'encens, le mastic, la résine du bois de gayac, la poix & le sucre crystallisé, les plumes, les poils, les cornes, les os, l'ivoire, la baleine, le parchemin, la soie, les cordes de boyaux, les poissons à coquille, la gomme laque, la cire & les corps durs qui sont enduis de cire : les chats, les chiens, les oiseaux, tous les animaux vivans couverts de poils ou de plumes, &c. & un grand nombre de corps formés par le mêlange de ceux dont on vient de faire mention.

Il est un grand nombre de corps qu'on ne peut rendre électriques par les moyens dont nous venons de parler; on les appelle *non-électriques* ou *analectriques;* tels sont les métaux & demi-métaux, plusieurs animaux sans poils ou sans plumes, le caillou, la pierre de Lydie, le grenat, le jaspe verd, le *lapis lazuli*, le jaspe rou-

ge d'Egypte, les marcaſſites, la turquoiſe, &c. Telles ſont encore les gommes-coulantes; comme l'opium, l'aloës, le galbanum, le camphre, &c. Telles ſont auſſi les ſubſtances humides, & tous les liquides qu'on ne peut frotter comme il conviendroit.

Il eſt des pierres tranſparentes qui deviennent électriques par le frottement, & non par la chaleur du feu, ou celle du ſoleil, ainſi que l'a éprouvé le Duc de Noya : tels ſont le diamant blanc (1), le diamant jaune, l'émeraude, celle du Bréſil, l'aigle marine, l'amétyſte, la topaze orientale, celle du Bréſil, le ſaphir bleu & blanc, le caillou de Bohême, l'hyacinthe, &c.; mais la *tourmaline* eſt

(1) Cette pierre, ſi l'on en croit un Phyſicien moderne, ſe diſtingue de tous les autres corps : « premierement elle ne reçoit pas l'électricité par communication, ainſi que les pierres précieuſes colorées; deuxiemement, elle conduit parfaitement, ce que les autres ne font point; troiſiemement, elle donne des ſignes électriques par frottement, ce qui eſt diamétralement oppoſé à la qualité conductrice » Il ſeroit bon d'examiner ſi ces propriétés ſont communes à toutes les eſpeces de diamant blanc.

une pierre qui acquiert la vertu électrique, soit qu'on la frotte, ou qu'on la chauffe, ou qu'on la chauffe & qu'on la frotte en même temps.

Les corps non électriques par eux-mêmes peuvent cependant recevoir la vertu électrique par le moyen des idioélectriques, & la transmettre à de grandes distances; mais étant frottés ou chauffés, ils ne donnent aucun signe d'électricité. Si l'on en croit certains Physiciens, la vertu électrique consiste dans des écoulemens d'une matiere très-subtile qui s'échappent par les pores des corps idioélectriques. Outre cela, il sort de pareils écoulemens de l'air, & des autres corps voisins, ou qui touchent les corps électriques. Ces écoulemens électriques vont, disent ces Physiciens, remplacer ceux qui s'échappent du corps électrisé, & ils poussent vers lui les corps légers qu'ils rencontrent, comme la matiere électrique effluente ou qui sort du corps idioélectrique, chasse devant elle, si on les en croit, les corps légers qu'elle rencontre. Les écoulemens électriques sont sensibles au toucher,

puiſqu'en approchant la main d'un tube de verre récemment frotté, ou d'un tube de fer électriſé, vous éprouvez la même ſenſation, que ſi ces corps étoient entourés d'une toile d'araignée, ou d'un ſouffle léger. Ces mêmes émanations ont une odeur déſagréable, aſſez ſemblable à celle de l'eſprit de vitriol, de phoſphore, d'eau régale. Cette odeur eſt très-ſenſible à l'extrêmité d'un tube électriſé. Ces mêmes écoulemens reçus dans la bouche, excitent une eſpece de goût acide, ils ſe préſentent aux yeux ſous la forme de petites aigrettes lumineuſes qui paroiſſent adhérer aux éminences, aux extrêmités des corps d'où ils s'échappent. On les obſerve ſur-tout aux extrêmités des barres de fer & des autres métaux qu'on électriſe. Si ces petites flammes, en ſortant de deux corps oppoſés l'un à l'autre, forment par leur concours un petit cylindre lumineux, elles brillent avec plus d'éclat, elles forment une eſpece de choc, une exploſion qui peut quelquefois, ſelon les obſervations de Winkler, ſe faire enten-

dre à la diſtance de deux cens pas; lorſque ces flammes ſont conſidérables & continues, elles produiſent une eſpece de ſifflement continuel.

Si les corps idioélectriques ſont d'une certaine longueur, d'une certaine étendue, l'électricité ſe manifeſtera vers les parties frottées, & non vers les autres. Le fluide électrique eſt-il le même que l'éther de Newton, ou bien eſt-ce le phlogiſtique des Chymiſtes?

Si l'on a ſoin d'*iſoler*, c'eſt-à-dire, de placer ſur des corps idioélectriques, ou de ſuſpendre à ces ſortes de corps ceux qui ne ſont pas électriques par eux-mêmes (1), ils le de-

(1) Quoique le verre s'électriſe par le frottement, il peut auſſi s'électriſer par communication, & ſervir de conducteur imparfait. Lorſqu'on veut bien iſoler un corps par le moyen d'un plateau de verre, il faut choiſir ce plateau d'une certaine épaiſſeur, le placer ſur un corps analectrique, qui doit lui-même être placé ſur un autre plateau de verre, qui ſera ſupporté par un corps électrique par communication, & ainſi de ſuite, en employant cinq ou ſix plateaux; de cette maniere, il ne paſſera qu'une très-petite quantité de matiere électrique du corps

viendront par communication, & dans un inſtant, lorſqu'ils ſe trouveront dans le voiſinage & à une certaine diſtance des corps idioélectriques, auſſi-tôt qu'on aura excité la vertu électrique de ces derniers. Cependant le ſavant Muſſenbroek a rencontré trois perſonnes ; l'une étoit un homme ſain & vigoureux, âgé de 50 ans, l'autre un paralytique âgé de 23 ans, l'autre une femme ſaine âgée de 40 ans, & mere de deux enfans bien conſtitués, qu'il n'a jamais pu électriſer, même en différens temps, quoiqu'il parvînt dans le même temps à électriſer fortement d'autres perſonnes. Peut-être découvrira-t-on dans la ſuite un grand

---

qu'on électriſe à la terre : on peut encore s'y prendre de la maniere ſuivante : « établiſſez ſur le plancher un ſupport ſolide en bois : ſur ce ſupport, ſcellez une tige de verre plein : ſur cette tige de verre, une de bois : ſur celle de bois, une de verre ; & ainſi de ſuite, juſqu'à ce que le premier conducteur ſoit ſupporté par une douille ſur une tige de verre. Il eſt bon que les tiges de verre aient chacune ſix pouces de hauteur, hors des ſcellemens dans les tiges de bois ».

nombre de corps qu'on ne pourra parvenir à électriser.

Il n'est pas toujours absolument nécessaire d'isoler les corps qu'on électrise : car lorsque nous saisissons avec la main une fiole en partie remplie d'eau qu'on électrise, quoique nous soyons placés sur le plancher, cela n'empêche pas qu'il n'entre une certaine quantité de matiere électrique dans cette fiole. De même une fiole qu'on vient d'électriser, étant placée sur une platine de métal, conserve encore pendant un certain temps, la vertu électrique. La flamme d'une bougie, celle de l'esprit-de-vin enflammé dans un vase placé sur une petite plaque de fer suspendue à un fil de soie, & électrisée, ne donne aucun signe d'électricité, & n'attire pas les corps légers qu'on lui présente. Cela viendroit-il de ce que la matiere électrique se dissiperoit entierement en s'élevant en haut avec la fumée de la flamme? Cependant Mussenbroek a quelquefois observé que la flamme d'une chandelle électrisée, attiroit une petite plume suspendue à un fil

de lin. Peut-être par la nature & la disposition des parties graisseuses de cette chandelle, la matiere électrique pouvoit couler plus librement dans son intérieur, & passer à travers la flamme peu chargée de parties fuligineuses, humides, & propres à intercepter la vertu électrique. La flamme d'une chandelle placée entre deux barres de métal, éloignées l'une de l'autre, peut transmettre la vertu électrique d'une barre à l'autre. Quoique la flamme de la térébenthine puisse s'électriser, Mussenbroek n'a pu réussir à communiquer la vertu électrique à la fumée pure de cette résine. Si l'on plonge la flamme d'une chandelle électrisée dans un jet d'esprit-de-vin qui sort par un petit orifice fait à un tube; cette liqueur s'enflamme, forme une longue flamme qui attire un fil de lin, & qui est attirée par la main qu'on lui présente.

On peut appeller *vertu électrique par communication*, celle qu'on donne aux corps analectriques par le moyen de l'électricité de ceux que nous nommons idioélectriques. Or, on commu-

nique cette vertu plus facilement aux corps ſymperiélectriques ou analectriques, qu'à ceux qui ſont idioélectriques; & plus ces derniers ſont électriques par eux-mêmes, plus difficilement ils reçoivent la vertu électrique par communication. Le fil de ſoie bleu reçoit moins d'électricité par communication que tout autre fil de ſoie d'une autre couleur; c'eſt pour cette raiſon que ce fil eſt préférable aux autres pour ſuſpendre les corps qu'on veut iſoler. En général, tous les corps fortement idioélectriques, ſont très propres à iſoler d'autres corps, ſur-tout ſi on a ſoin auparavant de les frotter & d'exciter leur vertu électrique: tels ſont, la cire à cacheter, le ſoufre, la poix mêlée avec la colophone, &c. La raiſon en eſt, ſi l'on en croit quelques Phyſiciens, que les corps idioélectriques laiſſent difficilement paſſer la matiere électrique à travers leur ſubſtance; mais cette difficulté augmente, diſent-ils, lorſque la matiere électrique de ces corps miſe en action par le frottement, s'oppoſe puiſſamment à l'intromiſſion de la matiere

affluente qui fait effort pour les pénétrer. Mais les corps non idioélectriques permettent un libre passage à la matiere électrique, qui pénetre & parcourt facilement leur substance, & forme autour de ces corps une athmosphere semblable à celle des corps idioélectriques. Peut-on dire que les corps symperiélectriques contiennent (dans leur état naturel), moins de matiere électrique, que les idioélectriques? Il paroît qu'autant que les premiers reçoivent de matiere électrique, autant les corps idioélectriques qui la leur fournissent, perdent de cette matiere. Or, ceux-ci ne la laissent échapper que difficilement, lorsqu'ils ne sont pas frottés ou chauffés. Si une feuille de métal est placée dans un vase de soufre ou de poix de 3 ou 4 pouces d'épaisseur, elle ne sera pas attirée par un tube de verre frotté, tandis qu'elle en sera, dit-on, attirée, si le vase est de carton, de bois ou de métal, parce que, ajoute-t-on, la matiere électrique qui s'échappe de ces derniers vases, entraîne la feuille avec elle, & la porte vers le tube

électrisé. Mais si on frotte, ou qu'on chauffe les vases de poix ou de soufre d'une certaine maniere afin qu'ils deviennent électriques; alors le fluide électrique qui s'échappera de leur substance pour se rendre au tube de verre, emportera facilement la feuille métallique dont nous venons de parler. C'est par une raison semblable, si l'on en croit certains Physiciens, qu'un vase de verre frotté ou chauffé, transmet plus facilement dans sa cavité intérieure, la matiere électrique affluante qui lui vient du dehors, que lorsqu'il est froid.

Les corps de la même matiere ne s'électrisent pas avec la même facilité : plus ils sont gros, moins ils reçoivent facilement la vertu électrique. Ainsi une barre de fer de 6 pieds de longueur, & du poids de 56 livres, donnera des aigrettes lumineuses plus tard qu'une tringle de lit de la même longueur (1); cependant le premier corps recevra une plus grande quantité de vertu élec-

(1) Nollet, Recherches sur l'Electricité, page 146.

trique. La figure des corps n'eſt pas non plus indifférente pour rendre les phénomenes électriques plus ou moins ſenſibles. Une maſſe de fer de 100 livres s'électriſera moins bien qu'une chaîne de même métal du poids de 8 livres. Une barre de fer quarrée, longue de 10 ½ pieds, & du poids de 59 livres, s'électriſe plus aiſément qu'une autre barre du même poids & de 2 pieds de longueur (1). Une plaque de fer-blanc fortement électriſée, ne fait pas appercevoir des étincelles ſi brillantes, ni ſi fortes, que ſi elle étoit contournée en forme de tuyau (2). Cependant un corps trop mince & trop long, comme, par exemple, une chaîne mince de fer, donnera des aigrettes moins fortes, & deviendra moins électrique qu'une tringle du même métal qui aura moins de longueur. Ainſi il doit y avoir une certaine proportion, (inconnue encore,) entre la maſſe, la longueur & la figure du corps qu'on électriſe, pour

(1) Nollet, Recherches, page 301.

(2) *Ibidem.*, page 305.

que ce corps puiſſe recevoir la plus grande vertu électrique poſſible.

Parmi les corps idioélectriques, les uns ſont plus, les autres moins électriques. Il y a des diamans qui brillent beaucoup dans les ténebres après qu'on les a frottés, & qui ſont fort électriques : il y en a d'autres qui brillent à peine dans les ténebres après qu'on les a frottés, & qui ſont très peu électriques. Les verres different auſſi beaucoup à cet égard. Il paroît cependant que, toutes choſes égales, on doit préférer les plus cuits & les plus durs (1). Il y a des corps que la ſeule chaleur du ſoleil électriſe, quoique d'une maniere foible, ainſi que Boyle l'a très-bien remarqué ; d'autres qui deviennent

(1) Il ſeroit à ſouhaiter qu'on connût tous les ingrédiens qui entrent dans la compoſition de verres, & les proportions ſelon leſquelles ils y entrent ; les Phyſiciens ſeroient alors plus en état de connoître ceux qui ſont les plus propres aux expériences électriques: mais les ouvriers cachent cela comme un ſecret de grande importance. L'Hiſtoire de l'Académie Royale, ann. 1724, fait mention d'une eſpece de bouteilles dans leſquelles le vin ſe gâtoit, & rongeoit le verre.

ſortement électriques quand on les frappe; telles ſont les *larmes bataviques* qu'on frappe à pluſieurs repriſes ſur une enclume avec un marteau d'acier. Il y a des verres qui deviennent d'autant moins électriques qu'on les échauffe davantage. La tourmaline devient le plus électrique qu'il eſt poſſible, lorſqu'on lui communique la chaleur de l'eau bouillante; mais un plus grand, ou un moindre degré de chaleur la rend moins électrique. Cela ne peut-il pas venir de ce qu'un certain degré de chaleur, ſans trop ramollir les fibres de certains corps, les rend ſuſceptibles de frémiſſement, & propres à pouſſer au dehors la matiere électrique (1)? Il y a des corps qu'il faut

(1) M. Wilſon a découvert pluſieurs pierres précieuſes qui, peut-être, ne different de la tourmaline que par la couleur, dont les propriétés électriques ſont les mêmes. Le chryſolithe Américain (*ſmaragdus braſilienſis*) eſt un vrai cryſtal de la couleur du verre verd le plus commun & le moins précieux, qui poſſede les propriétés électriques de la tourmaline : dans cette pierre, le fluide électrique paroît ſuivre la direction des colonnes dont ce cryſtal eſt composé; & une extrê-

échauffer jusqu'à un certain point, si on veut les rendre électriques par le frottement ; tel est le buis, le noyer, le bois de gayac, &c. Cela ne viendroit-il pas de ce que les corps contiennent une certaine humidité qui s'oppose à l'électricité, & que le feu desseche ?

Les signes de l'électricité actuelle sont les suivans ; l'attraction & la répulsion des corpuscules, les étincelles, la lumiere, un petit vent ou un souffle léger qui se fait sentir lors-

---

mité de ces colonnes ou stries, acquiert toujours une électricité positive, tandis que l'extrêmité opposée en acquiert une négative. Soit un de ces crystaux *B A* (*fig.* 49), qui ait acquis par la chaleur une électricité positive en *A*, & une électricité négative en *B*, si on le coupe par le milieu *C*, de maniere que la section soit perpendiculaire aux stries, l'électricité de l'extrêmité *B* du morceau *B C* sera encore négative ; mais dans le morceau *A C*, l'électricité de l'extrêmité *A* sera positive, & celle de l'extrêmité C négative : cette propriété est la même pour la vertu répulsive & attractive dans un aimant divisé en deux parties. (Voyez les nouveaux Mémoires de Péterſbourg, tom. XII). On verra dans la suite ce que c'est que *l'électricité positive*, & *l'électricité négative*.

qu'on approche la main ou le visage d'un corps électrisé; un certain bruit, ou un sifflement, une aigrette lumineuse qu'on observe principalement aux pointes, & dont les rayons divergens forment une espece de cône; de même un point lucide ou une espece d'*étoile électrique* plus petite qu'une aigrette, moins pointue, qui se fait souvent remarquer aux pointes des corps qu'on approche de ceux qui sont fortement électrisés. On peut joindre à ces signes, les phénomenes qu'on observe dans un faisceau de fils longs de quelques pouces, ou seulement dans deux de ces fils, qui, lorsqu'on électrise le corps auquel ils sont suspendus, s'écartent & se repoussent avec d'autant plus de vivacité, que la vertu électrique est plus forte.

Nous appellerons *machine*, tout instrument par le moyen duquel on peut faire tourner & frotter un corps idioélectrique, comme un globe ou un tube de verre, un cylindre de résine, de poix, de cire d'Espagne. Nous donnerons le nom de corps *communiquant*, à tout corps idioélec-

trique, ou ſymperiélectrique, qui touche la terre, ou quelqu'autre corps qui communique immédiatement ou médiatement avec un corps ſymperiélectrique, appuye ſur le pavé de la chambre ou ſur la terre. Nous entendons par *corps ſeparé* ou *iſolé*, tous ceux qui ne touchent que l'air ambiant, ou des corps idioélectriques, comme par exemple, une chaîne de fer qui ſeroit ſuſpendue à des fils de ſoie. Nous pourrons emploier le nom de *chaîne*, quoique le corps ſéparé ſoit une tringle métallique, un tube de papier, ou de métal, un bâton; on pourra auſſi entendre par corps *iſolé*, une ſérie quelconque de corps unis entr'eux, pourvu que la communication avec la terre ſoit interrompue par le moyen d'un corps idioélectrique.

La *figure* 50 repréſente une machine compoſée d'un globe de verre *G*, traverſé par un axe qui tourne dans des cavités, ou trous pratiqués dans les montans *A B* & *E D*, par le moyen d'une corde qui paſſe ſur la petite roue *T*, attachée à une des extrêmités de l'axe du globe, & dans la

la gorge de la grande roue *R*, dont l'axe est soutenu par le montant *D E*, & la piece *Y*, élevée sur la table *F H I K*; cette roue est mise en mouvement par le moyen de la manivelle *M N*; les rubans de soie *b* & *c* supportent une chaîne ou un tube *L O*, dont l'extrêmité *L* est armée de quelques fils flexibles de métal, qui touchent immédiatement le globe *G*, ou qui du moins en sont très-proches. L'appui *P Q*, (qui, pour qu'il puisse céder à propos, peut être une lame élastique), tient appliqué contre le globe un coussin de cuir *S*. Maintenant si l'on tourne la manivelle *M N*, le globe éprouvera un frottement continuel de la part du coussin *S* (1), & transmettra la vapeur électrique qui sortira de sa surface, au tube isolé *L O*, par le moyen des fils métalliques *a a*, pourvu néanmoins que la machine soit placée sur une table ou sur quelqu'autre

(1) Il est prudent de ne pas frotter le globe avec les mains, parce que s'il vient à éclater, comme il est arrivé plus d'une fois, on est moins exposé à être blessé.

corps ſymperiélectrique, qui communique avec la terre. Vous pourrez ſéparer la machine en la plaçant ſur un gâteau de poix d'une certaine épaiſſeur, ou ſur quelqu'autre corps idioélectrique : ſi le tube *L O*, doit communiquer avec la terre, il ſuffira d'y ſuſpendre une chaîne, ou quelqu'autre corps ſymperiélectrique qui aille juſqu'à terre.

Suppoſons d'abord que la machine *communique*, & que le tube ſeul eſt ſéparé : ſi l'on frotte le globe, tous les ſignes d'électricité ſeront dans le tube, la machine n'en donnera aucun. Suppoſons en ſecond lieu que la machine ſeule eſt ſéparée, & que le tube communique (avec la terre), les ſignes d'électricité ſe feront remarquer dans la machine ſeule. Mais ſi la machine & le tube communiquent (avec la terre), ni l'un ni l'autre ne donneront aucune marque d'électricité. Enfin, ſi l'on ſépare en même temps, & le tube & la machine, on obſervera d'abord quelques ſignes d'une foible électricité dans le tube ; mais ils ceſſeront bien-

tôt d'être sensibles ; la machine deviendra électrique à son tour ; & lorsqu'elle aura cessé de donner des signes d'électricité, celle du tube se fera de nouveau remarquer. Et dans ce cas, tandis que la vertu électrique passe alternativement dans le tube & la machine, les signes sont, dit on, plus marqués lorsque le tube touche immédiatement la machine.

I. Si le tube seul étant séparé, on fait tourner le globe pour exciter la vertu électrique, il attirera un corps léger, un petit globe de liege, par exemple, attaché à un fil de lin, ou à un autre fil non idioélectrique, suspendu à la main d'un homme non isolé, qui le lui présente à une certaine distance plus ou moins considérable, selon que l'électricité est plus foible ou plus considérable, & le corpuscule reste attaché au tube jusqu'à ce qu'on l'en arrache. Mais si l'homme qui tient le fil est isolé ou placé sur un gâteau de poix, le petit globe se portera d'abord vers le tube auquel il s'attachera ; mais après un certain temps, il paroîtra repoussé, & ne s'en approchera de

nouveau qu'après avoir touché un corps ſymperiélectrique non iſolé.

II. Si un homme non iſolé tient un fil de ſoie, auquel ſoit ſuſpendu un petit globe de liege, à une petite diſtance du tube; le liege s'approchera de ce tube qui le repouſſera, de maniere que le petit globe ira s'attacher à la main, à l'habit de l'homme qui tient ce fil, ou à quelqu'autre corps non électrique; alors il retournera vers le tube, & enſuite au corps communiquant, & ainſi de ſuite. Enſorte que ſi l'on ſubſtitue un timbre au tube, & qu'on ſuſpende au fil de ſoie, (qu'on peut attacher à un clou), un petit marteau de fer qui puiſſe, lorſqu'il ſera répouſſé, aller frapper un autre timbre non iſolé, placé vis-à-vis du premier, on entendra un carillon électrique qu'on peut rendre aſſez agréable.

Si l'homme qui tient le fil eſt iſolé, le globule fera des oſcillations juſqu'à ce que l'homme donne des ſignes d'électricité.

III. Si un faiſceau de fils ſymperiélectriques eſt ſuſpendu au tube de maniere qu'aucun autre corps ſym-

periélectrique ne puisse les toucher, les fils s'écarteront les uns des autres, & divergeront d'autant plus, que la vertu électrique sera plus forte. Si un homme non isolé vient à les toucher, ils reprendront leur situation verticale; mais ils divergeront de nouveau aussi-tôt qu'il cessera de les toucher.

IV. Si une veine d'eau mince passe, en sortant d'un vase, dans le voisinage du tube, elle se fléchit & se disperse en gouttes. Si l'on sépare l'eau & le vase de maniere qu'il communique avec le tube, la veine fluide se disperse en gouttes auprès de l'orifice, & l'écoulement n'est pas continuel; & si dans ce cas les gouttes tombent sur un corps symperiélectrique séparé, celui-ci donnera des signes d'électricité.

V. Si l'on substitue à la place du tube une tringle terminée par une pointe fine, il sortira de cette pointe une aigrette lumineuse assez longue, sur-tout si l'on approche de cette pointe un corps symperiélectrique non isolé; & si le frottement du globe n'est pas continuel, l'électri-

cité s'évanouit bientôt dans les corps séparés & pointus.

VI. Si l'on présente la pointe fine d'un stilet métallique au tube, à une certaine distance, on verra une étoile électrique placée à l'extrêmité de la pointe.

VII. Ces phénomenes, excepté le dernier, sont les mêmes lorsque la machine seule étant isolée, on en approche les corps dont on vient de parler, au lieu de les approcher du tube : car si l'on présente la pointe d'un stilet de fer à la machine séparée, on remarque une aigrette à l'extrêmité de cet instrument métallique.

VIII. Si l'on suspend à la chaîne séparée, deux tubes de la même grandeur, l'un de fer, & l'autre de carton doré, la machine n'étant pas isolée ; ces corps donneront des étincelles de la même grandeur, & des signes égaux d'électricité. Si l'on approche d'un des tubes un corps sympериélectrique d'une grande surface, l'étincelle sera plus remarquable que celle qu'on tirera de l'autre tube avec un corps de même

matiere, mais dont la ſurface ſeroit moins conſidérable.

IX. Si après avoir placé une aſſiette de métal ſur des charbons ardens, on y jette quelques morceaux d'une réſine ſeche, la fumée ſe répand en forme d'athmoſphere autour des corps ſuſpendus au tube iſolé, & elle paroît plus mince auprès des angles & des pointes. Si l'on tire des étincelles du corps environné de cette athmoſphere, elle paroît s'ébranler, & commence à ſe diſſiper; mais ſi le contact vient, dit-on, à ceſſer, l'athmoſphere ſe rétablit. Si l'aſſiette métallique eſt ſéparée, la fumée monte, à la vérité, juſqu'au tube, ou juſqu'au corps qui lui eſt ſuſpendu, mais elle ne l'environne pas comme auparavant.

X. La même choſe arrive ſi les corps ſont ſuſpendus à la machine ſéparée, le tube n'étant pas iſolé.

XI. Si l'on en croit Beccaria, l'électricité s'eſt propagée dans une chaîne mince, métallique, de 500 pieds de Paris, qu'elle a parcouru, dans l'eſpace d'une demi-ſeconde, dans une corde ſeche de chanvre de la même longueur, dans environ 3 ſecondes & demie, &

dans la même corde mouillée, dans une ſeconde & demie à peu près ; mais il n'a pu remarquer aucun intervalle de temps entre l'application & la tranſmiſſion de la force électrique, lorſqu'il s'eſt ſervi de la bouteille de Leide, dont nous parlerons dans la ſuite.

XII. Si, ayant ſéparé la machine, l'on communique l'électricité à un corps ſéparé par le moyen d'un globe de ſoufre qu'on frotte, ce corps ſera, dit-on, attiré par un autre qui aura été électriſé par un globe de verre.

XIII. Qu'on place entre l'extrêmité *O* du tube électrique *L O*, & un corps ſéparé, une bougie ou une lampe non allumée, à une diſtance convenable, & telle, qu'il ne paroiſſe aucun ſigne d'électricité dans le corps ſéparé, l'électricité ſe fera remarquer dans ce corps, auſſi-tôt qu'on aura allumé la bougie ou la lampe : mais les rayons ſolaires, colorés, ſoit directs, ſoit réfléchis, ſoit réfractés, ne contribuent en rien à la propagation de la vertu électrique.

XIV. Si on pompe l'air d'un récipient de verre percé à ſon ſom-

met, de maniere, que ſans admettre l'air extérieur, on puiſſe y inſérer, & faire mouvoir à travers des anneaux de cuir, une verge de métal, qui, d'un côté doit communiquer extérieurement avec la chaîne ou le tube électrique, tandis que l'autre bout ne touche pas la platine de la machine pneumatique, l'aigrette qui ſort de cette derniere extrêmité, eſt d'autant plus longue, que l'air eſt plus raréfié, elle devient auſſi plus denſe; & enfin les rayons finiſſent par former un faiſceau continu, qui coule vers la platine, ou vers un autre corps ſymperiélectrique, s'il y en a un plus près.

XV. Si en conſervant le même appareil, on ſuſpend un fil ſymperiélectrique à la partie de la verge renfermée dans le récipient, de maniere que le fil ne touche pas la platine, ayant ſoin de placer derriere le fil un corps ſymperiélectrique qui communique avec la platine; lorſque l'air aura été pompé, le fil fera des oſcillations entre ce corps & le côté correſpondant du récipient.

XVI. Si ayant ôté le corps & le fil dont on vient de parler, on place sur la platine des morceaux de feuilles d'or ou d'un autre métal, ayant fait le vuide de Boyle, on verra quelques-uns de ces morceaux se dresser de maniere que leurs angles aigus regarderont l'extrêmité de la verge métallique qui communique avec la chaîne, tandis que la partie la plus considérable sera placée sur la platine. Si l'on touche alors avec le doigt la surface externe du récipient, on remarquera aussi-tôt que quelques-unes des feuilles d'or qui n'étoient point dressées sur la platine, se porteront vers le doigt, & s'appliqueront à la partie interne correspondante du récipient.

XVII. Si la machine pneumatique est séparée, & qu'on répete les expériences précédentes, aussi-tôt qu'on excitera la vertu électrique dans la verge métallique, on remarquera une espece de lumiere dans le récipient; mais elle s'évanouira promptement: les feuilles d'or ne s'érigent que pour très-peu de temps, & seulement, dit-on, lorsqu'on tire une étincelle, ou de la pompe, ou de la

chaîne, par le moyen d'un corps non isolé.

On entend par *bouteille batavique* ou *de Leide*, un vase de verre qui contient de l'eau, dont le col étroit peut être facilement fermé par un bouchon de liege, de poix, de cire à cacheter, &c. traversé par un fil métallique qui descend jusqu'à l'eau, & dont l'extrêmité extérieure est courbée de maniere, qu'on peut le suspendre facilement à la chaîne électrique. C'est avec un appareil semblable qu'on a d'abord fait cette fameuse expérience, connue sous le nom *d'expérience de Leide*, à cause du lieu où on l'a tentée pour la premiere fois. Mais on a découvert depuis, qu'on peut substituer à la bouteille, un vase de verre cylindrique, & même un plateau de verre (1), & à l'eau, une liqueur quelconque symperiélectrique, l'argent vif, les scories de fer, la limaille d'un métal ou demi-métal quelconque, une feuille d'or, de cuivre, de plomb, &c. On dit qu'on *arme* la

(1) On peut aussi employer un vase de porcelaine, & même de grès.

bouteille extérieurement, ou intérieurement lorſqu'on lui applique extérieurement, ou intérieurement une feuille de plomb, d'étain, d'or, &c. de maniere qu'il y ait ſupérieurement en dedans & en dehors au moins l'eſpace d'un pouce, qui ne ſoit point couvert de cette feuille. Mais s'il eſt queſtion d'une lame plane de verre, on l'armera en lui appliquant en deſſous & en deſſus, une pareille feuille, ayant ſoin que les bords ſoient libres & ſans métal au moins de la largeur d'un pouce : c'eſt ce que nous appellerons le *tableau magique*. On charge la bouteille lorſqu'on accumule l'électricité par le moyen de la chaîne ou du tube électrique ſur l'une de ces ſurfaces. On la décharge, lorſqu'en appliquant en même temps un corps ſymperiélectrique à ſon armure interne & externe, on produit une commotion violente, on tire une forte étincelle avec une exploſion, après laquelle ordinairement on n'apperçoit plus aucun indice de vertu électrique. *La chaîne de commotion* eſt une ſuite de corps unis enſemble, dont

le premier touche l'armure intérieure, & l'autre l'extérieure. Comme si trois hommes se tenant par la main, l'un touchoit l'armure intérieure ou le fil métallique qui plonge dans la bouteille chargée, & le troisieme l'armure extérieure. On produira un effet semblable par le moyen du tableau magique, sur l'une des surfaces duquel on aura accumulé la vertu électrique, si le premier homme dont on vient de parler, touchant une des surfaces, le dernier porte la main à l'autre surface.

XVIII. Qu'on place une telle bouteille sur un corps symperiélectrique non isolé, le crochet du fil métallique qui entre dans la bouteille, communiquant avec la chaîne ou le tube électrique; qu'on fasse tourner le globe jusqu'à ce que cette chaîne donne les signes ordinaires d'électricité : car ces signes ne paroissent pas, ou sont au moins très-foibles, pendant tout le temps que le verre reçoit la matiere électrique; mais aussi-tôt qu'il en est rassasié, s'il est permis de se servir de cette expression, la vertu électrique se ma-

nifeſte à l'ordinaire dans la chaîne électriſée; & alors le *verre ſe trouve chargé*. Si vous approchez le doigt du fil métallique qui ſort de la bouteille, vous en tirerez une étincelle; le même phénomene ſe fera remarquer, en plaçant la bouteille ſur un corps idioélectrique, comme par exemple, ſur un gâteau de poix, ou ſur une lame de verre; & de cette maniere elle conſervera aſſez longtemps la vertu électrique, qui cependant s'affoiblit continuellement, ſur-tout ſi l'on tire pluſieurs étincelles.

XIX. Courbez un fil de fer en forme d'un *C*, & l'ayant fixé par ſon milieu au bout d'un corps idioélectrique, comme, par exemple, un bâton de cire d'Eſpagne; ſervez-vous de ce bâton comme d'un manche, & appliquez l'extrêmité ſupérieure du fil de fer au fil métallique qui ſort de la bouteille, ayant ſoin que l'extrêmité inférieure du même fil de fer touche l'armure extérieure; il ſe fera auſſi-tôt une exploſion violente accompagnée d'une étincelle, après quoi l'on ne remarquera aucun

ſigne d'électricité dans la bouteille. Si vous tenez d'une main l'armure extérieure, & que vous touchiez avec l'autre le crochet du fil métallique, vous éprouverez une commotion violente, qui paſſera par les deux bras & la poitrine ; & tous ceux qui formeront la *chaîne de commotion* dont nous avons parlé ci-deſſus, éprouveront le même phénomene. Si la bouteille eſt grande, ou ſi l'on en joint pluſieurs enſemble pour produire le même effet, le fil de fer courbé en *C*, étant fort mince, ce fil, dis-je, ſe fond très-ſouvent ou ſe déchire. Si l'on comprime fortement entre deux lames de verre, une feuille mince d'argent ou de cuivre, dont la largeur ſoit peu conſidérable, mais aſſez longue pour qu'elle ſorte un peu de part & d'autre au dehors des lames ; ſi dans cet état elle fait partie du cercle de commotion, non ſeulement le métal ſe fond très-ſouvent, mais même (au rapport de Franklin), il s'incruſte ſi profondément dans le verre, qu'on ne peut l'en retirer en employant l'eau-forte ; il arrive encore plus ſou-

vent que les lames de verre se brisent. Si l'on place un morceau de carton, des cartes à jouer, &c. dans le cercle de commotion, le fluide électrique perce ces corps, & produit une étincelle : certains animaux, comme des oiseaux, des poissons, &c. périssent, comme s'ils étoient frappés par la foudre.

XX. Si la bouteille est isolée, si elle n'est pas placée sur un corps symperiélectrique qui communique avec la terre, on ne pourra jamais la charger.

XXI. Si l'on charge deux bouteilles, de la maniere expliquée ci-dessus, ayant soin que leurs armures extérieures se touchent, & que les fils métalliques qui sortent de leur intérieur soient joints ensemble par une petite chaîne, aucune d'elles ne se décharge. Mais si l'on applique le crochet de la premiere à l'armure externe de la seconde, l'une & l'autre se déchargent; & si elles sont égales & également chargées, on n'apperçoit plus aucun signe d'électricité.

XXII. Qu'on place la bouteille de

Leide ſur un corps idioélectrique, de maniere que ſon armure extérieure communique avec le tube *L O* (*fig.* 50), par le moyen d'une petite chaîne, tandis que ſon fil de fer communique avec la terre, par le moyen d'une ſemblable chaîne : on la chargera & on la déchargera à l'ordinaire; & ſi l'armure externe d'une bouteille ainſi chargée, touche l'armure extérieure d'une autre bouteille chargée par la méthode ordinaire, (expérience XVIII), de maniere que les crochets communiquent par le moyen d'une petite chaîne, elles ſe déchargent toutes les deux.

XXIII. Rempliſſez un tube *A B* de carton ou de verre (*fig.* 51), de poudre à canon un peu écraſée, & comprimée de maniere qu'on puiſſe y introduire deux fils de fer *F e*, *D c*, dont les pointes *e*, *c* ne ſe touchent pas immédiatement. Appliquez l'extrêmité *D* du fil ſupérieur au crochet de la bouteille chargée, l'extrêmité *F* de l'autre à ſon armure ; Franklin aſſure avoir enflammé de la poudre ſeche par un tel artifice.

XXIV. Si nous ſuppoſons que les orifices *A* & *B* du tube ſuppoſé, rempli d'eau, ſoient fermés avec de la poix ou de la cire à cacheter, de maniere qu'on faſſe paſſer à travers les bouchons les fils *D c*, *F e*, dont les pointes ſoient peu éloignées l'une de l'autre; lorſqu'on charge la bouteille, le tube ſe briſe aſſez ſouvent; & ſi le tube eſt fort ample, de maniere que l'eau puiſſe ſe retirer vers les extrêmités, & que les bouchons puiſſent céder un peu; après l'exploſion on voit, ſelon Beccaria, des bulles d'air répandues dans l'eau.

XXV. Si l'on adapte un piſton convenable à un vaſe de verre, qui doit en même temps porter un fil métallique, comme la bouteille de Leide, on pourra charger le vaſe en pompant l'air, quoiqu'il n'ait aucune armure intérieure : bien plus, on peut charger une bouteille dont on peut fixer le col étroit dans l'orifice d'un récipient plus ample, de maniere qu'ayant raréfié l'air, la ſurface extérieure de la bouteille ſe trouve dans le vuide de Boyle.

XXVI. Les bouteilles qui contien-

nent des bulles d'air dans leur épaisseur, se brisent souvent quand on les charge. Celles qui ont des fentes, à travers lesquelles l'eau même ne peut pas passer, ne peuvent jamais être chargées, non plus que celles qui sont trop épaisses. Scheffer rapporte qu'on n'a pu venir à bout de tirer une étincelle d'une lentille de verre, dont le diametre étoit de plus de quatre pouces, & l'épaisseur de plus de deux, quoiqu'on l'eût couverte supérieurement & inférieurement d'une feuille d'or, en laissant un bord d'environ un pouce; mais une lame très-mince a produit une commotion fort sensible pendant qu'on la chargeoit. Si l'on arme une lame mince de marbre de la même maniere qu'on a accoutumé d'armer une lame de verre, & qu'on la fasse chauffer convenablement, on la charge, & on la décharge : elle produit la commotion, & fait voir une étincelle. Beccaria a obtenu les mêmes phénomenes avec une feuille mince de talc qui n'étoit pas échauffée (1).

(1) Le verre, dit l'Abbé Nollet, n'est

Pour expliquer les phénomenes électriques, les partisans de Franklin admettent un fluide subtil, élastique, qui tend toujours à se mettre en

---

point la seule matiere avec laquelle on puisse faire l'expérience ; j'y ai substitué, avec un certain succès, la porcelaine, l'émail, le grès, le crystal de roche, le talc, &c. Quand la bouteille est d'un verre mince, elle vaut mieux que s'il étoit plus épais. Une grande bouteille vaut mieux qu'une petite, jusqu'à un certain point cependant ; car quand la surface du verre est excessivement grande, elle ne procure point un plus grand effet, que si elle étoit moindre. La figure est une chose fort indifférente ; on peut se servir d'une capsule ou d'une jatte, aussi bien que d'une bouteille. Il est nécessaire que le vaisseau de verre soit bien sec & bien essuyé au dehors, & même au dedans, à la partie qui n'est point remplie d'eau ; car c'est une attention qu'on doit avoir de ne le point remplir entierement. L'eau qu'on met dans le vaisseau ou dans cette bouteille, peut être froide ou chaude : il m'a paru que l'effet pouvoit devenir plus grand avec l'eau chaude ; mais comme elle s'exhale en vapeurs, elle mouille la partie du vaisseau qui doit rester vuide & seche, & c'est un inconvénient.

« J'ai substitué à l'eau, du mercure, du menu plomb à giboyer, des broquettes, de la limaille de fer, de cuivre, &c. avec

équilibre avec lui-même, de manière *qu'il coule continuellement du corps dans lequel il abonde, dans celui dans lequel il ſe trouve reſpectivement*

---

un plein ſuccès ; cependant il m'a ſemblé que l'eau faiſoit encore mieux. Les huiles, le ſoufre fondu, l'eſprit-de-vin, & généralement toutes les matieres graſſes ou ſpiritueuſes, m'ont mal réuſſi. L'effet eſt plus grand & plus ſûr, quand la bouteille repoſe ſur la main d'un homme, ou ſur un ſupport électriſable par communication, que lorſqu'on la laiſſe iſolée; mais il eſt ſûr que dans ce dernier cas elle s'électriſe aſſez pour donner la commotion. Une choſe abſolument eſſentielle, c'eſt qu'il s'établiſſe une communication non interrompue entre la ſurface extérieure de la bouteille, & le conducteur qui y tranſmet l'électricité. Cette communication peut ſe faire par une ſeule perſonne, qui ait une main appuyée à la bouteille, tandis qu'avec l'autre main elle excite une étincelle au conducteur : mais on peut auſſi former cette communication avec pluſieurs qui ſe tiennent par la main ou autrement, & dont la premiere tienne la bouteille, tandis que la derniere fait étinceller le conducteur ; j'en ai employé juſqu'à 300, avec une pleine réuſſite. Cette même communication peut être formée avec toute autre choſe que des corps animés ; mais il eſt de toute néceſſité que les corps qu'on emploie à cet uſage, ſoient de

en moindre quantité. Voici comment on peut concevoir sa maniere d'agir : Certains corps, dit-on, contiennent constamment une quantité déterminée, du moins à peu de chose

---

ceux qu'on nomme *conducteurs*, c'est à dire, électrisables par communication. Il n'est pas nécessaire que ces corps, qui forment la communication, soient isolés. Les autres corps qui touchent ceux par qui la communication est formée, ne participent point à la commotion que ceux-ci éprouvent ».

« Un bout du tuyau de verre, enfilé sur le conducteur, m'a souvent fait ressentir la commotion, lorsque j'y pensois le moins. En 1747, je fis voir, ajoute le même Auteur, que l'expérience de Leide peut se faire très-bien avec un vaisseau de verre, qui ne contienne ni eau ni métal, mais qui soit seulement bien purgé d'air : *Mémoires de l'Académie des Sciences 1747, page 24.* Enfin, je sais de bonne part qu'une personne a ressenti une commotion semblable à celle qui caractérise l'expérience de Leide, en frottant d'une main le dos d'un chat, tandis que l'autre main étoit à une très-petite distance du nez de l'animal. Cet effet est rare, parce qu'il faut un temps très-favorable à l'électricité, un chat très-électrisable ; & si l'on en fait l'essai, on doit le tenir sur quelque étoffe de soie, & le frotter un certain temps avant que de porter le doigt à son nez. »

près, de matiere électrique, de maniere qu'on ne peut leur en enlever d'un côté, à moins qu'il ne leur en arrive autant d'un autre côté ; tels sont les verres & les matieres qui leur sont analogues. Mais les corps symperiélectriques peuvent recevoir plus ou moins de ce fluide.

Par l'expérience I, rapportée ci-dessus, lorsque les parties du globe sont forcées par le frottement, à répandre sur la surface une partie du fluide électrique qui étoit répandue entre leurs interstices, ce que les étincelles bruyantes, & un souffle léger, ne permettent pas de révoquer en doute ; aussi-tôt le coussin & la machine lui fournissent une nouvelle matiere ; la premiere se répand autour du globe en forme d'athmosphere, (comme on peut le conclure de l'experience IX), l'air résistant avec une certaine force à l'expansion de ce fluide ; ainsi qu'il paroît par les aigrettes bruyantes qui sortent des pointes d'un corps symperiélectrique, (expérience V). Si on plonge dans l'athmosphere répandue autour du globe, un corps suf-

ceptible de recevoir plus ou moins de fluide électrique, par exemple, un tube métallique suspendu à des cordons de soie, il passera dans un tel corps une certaine quantité de fluide électrique qui formera autour de lui une athmosphere plus ou moins étendue, & sortira avec violence par les pointes de ce corps isolé. L'effort que fait le fluide électrique pour s'échapper & pour vaincre la résistance de l'air, est favorisé par l'approche d'un autre corps qui communique avec la terre, dont l'attraction oblige la matiere électrique de diriger son mouvement vers elle; ce qui fait que les fils symperiélectriques, & les petits globes qui sont suspendus à ces fils, se joignent à un tel corps. Mais si un petit globe est suspendu à un fil de soie, & qu'après avoir touché le globe électrique, il aille toucher un corps symperiélectrique, non isolé, tel, par exemple, que la main d'un homme, il transmettra dans ce corps le fluide dont il s'étoit chargé par le contact du tube électrique; dépouillé de cette surabondance, il est rapporté vers le

tube,

tube, parce qu'en attirant le fluide électrique répandu autour de ce tube, il est lui-même attiré par ce fluide; puisque, selon la loi universelle, la réaction est toujours égale & contraire à l'action. Après avoir touché de nouveau le tube, il en est repoussé comme la premiere fois, l'athmosphere dont il s'est chargé, faisant effort pour l'en éloigner. Et de cette maniere, il continue ses oscillations, à moins que l'homme qui présente la main, se trouvant isolé, ne reçoive successivement tant de matiere électrique que les athmospheres des deux corps se repoussent mutuellement.

Dans un faisceau symperiélectrique, pénétré de fluide électrique, les fils s'écartent l'un de l'autre en partie par la répulsion des athmospheres électriques qui les environnent, en partie par la direction du fluide qui coule dans des espaces plus éloignés où il ne se trouve pas encore en si grande quantité. Mais s'ils peuvent transmettre cet excès de fluide dans un corps symperiélectrique non isolé, ils tombent

les uns ſur les autres, juſqu'à ce qu'ils aient acquis une nouvelle athmoſphere : ce qui fournit l'explication de la troiſieme expérience. Si, dans la même expérience, on place un cerceau auquel ſoient attachés des fils ſemblables, autour du tube électrique qu'il ne doit pas toucher, ces fils ſe dirigeront vers ce tube comme vers un centre, ainſi que l'a éprouvé Nollet ; ce qu'on doit attribuer à l'attraction réciproque entre ces fils & le fluide électrique qui ſort du tube. La même cauſe produit l'inflexion d'une veine d'eau qui ſort d'un petit orifice : mais lorſque les molécules aqueuſes ſont une fois pénétrées de fluide électrique, les répulſions mutuelles de leurs athmoſpheres les diſperſent & les ſéparent. Et ceci peut nous faire comprendre : 1°, Pourquoi l'on peut, par le moyen de l'eau, tranſmettre le fluide électrique dans des corps qui en ont une moindre quantité reſpective : 2°. Pourquoi l'action de ce fluide augmente beaucoup ſon évaporation, comme les obſervations l'ont démontré.

L'air doit être conſidéré comme

un corps qui s'oppose au mouvement du fluide électrique, & c'est à sa résistance qu'on doit attribuer cette *étoile électrique* qu'on observe à la pointe d'un corps symperiélectrique quand on l'approche des angles ou des pointes du tube électrique ; car alors l'attraction de cette pointe rassemble plusieurs filets électriques, dont les forces réunies peuvent percer une légere couche d'air. Mais si l'on écarte cet air, (expérience XIV), la vapeur électrique coule à la maniere d'un faisceau continu.

Puisque le verre qu'on frotte reçoit, si l'on en croit les partisans de Franklin, autant de fluide d'un côté qu'il en perd de l'autre; il sera aisé de comprendre la raison de ce qu'on a dit ci-dessus (expérience VII). En effet, la machine étant séparée, doit s'épuiser, pour ainsi-dire, en transmettant continuellement la matiere électrique au globe, qui la communique au tube, & celui-ci à la terre. Il y a donc dans la machine une électricité *par défaut*, tandis que celle du tube est *par excès*, ou, comme disent plusieurs, la machine est élec-

trisée *négativement*, & le tube *positivement*. Delà vient que la machine attire les vapeurs légeres répandues dans l'athmosphere, & les fils mobiles qui se trouvent dans sa sphere d'activité, de maniere qu'il lui vient comme par un canal, soit des corps qui communiquent avec ces fils, soit de ceux qui communiquent avec la terre, autant de fluide qu'elle en a perdu. La machine ayant absorbé presque tout le fluide des environs, il n'y a aucune cause qui puisse retenir les fils qui doivent se porter dans les espaces éloignés, où le fluide électrique est plus abondant.

Dufay avoit déjà établi une différence entre l'électricité *vitrée* & *résineuse*, ayant observé que deux corps électrisés par le moyen du verre, se repoussoient mutuellement, aussi-bien que si on leur avoit communiqué l'électricité par le moyen d'un corps résineux qu'on auroit frotté : tandis que ces corps s'approchoient l'un de l'autre, si l'un devoit sa force électrique au verre, & l'autre à la résine. Ce qui paroît dépendre de la nature des corps résineux, qui, lorsf

que leurs parties s'échauffent & sont vibrées par le frottement, transmettent facilement le fluide électrique dans le corps frottant, & en puisent autant d'un *corps séparé*, placé dans leur voisinage : mais les corps vitreux transmettent aux autres corps le fluide qu'ils tirent du corps frottant. Et delà, il suit que les corps résineux produisent dans les autres, une électricité par *défaut* ou *négative* ; & c'est delà que viennent les phénomenes que l'on observe dans la machine séparée (expérience XII) (1). L'expé-

(1) On pourra en quelque maniere rendre raison de cette différence d'électricité dans la résine & le verre, en disant que l'attraction du verre par rapport à la matiere électrique, quoique plus forte que celle d'un autre corps, le tube, par exemple, s'étend néanmoins à une plus petite distance ; ensorte que le frottement ayant fait sortir le fluide électrique du verre, pour former autour de lui une athmosphere d'une petite profondeur, le tube enleve cette matiere au globe qui répare aussi-tôt sa perte par la matiere qu'il tire du coussin ou de la main qui le frotte. D'autre côté, si le soufre ou la résine attire la matiere électrique avec moins de force dans les petites distances, qu'un autre corps n'attire cette même matiere ; mais si en même temps

rience VIII ſemble prouver que l'action électrique ſuit, en quelque façon, la raiſon des ſurfaces; mais on ignore s'il y a une limite au delà de laquelle la ſurface peut croître, ſans que cette action devienne plus conſidérable. Quoi qu'il en ſoit, il paroît que l'écoulement de la matiere électrique dépend, quant à ſa quantité & à ſa viteſſe, de l'abondance où

l'action de la réſine s'étend à un plus grand eſpace, le corps frottant enlevera au ſoufre une partie du fluide électrique, que celui-ci répare par le moyen du tube placé dans ſon voiſinage; ce qui ne détruit point la loi générale, ſelon laquelle *la matiere électrique doit paſſer des corps dans leſquels elle abonde dans ceux qui en ont moins.* Des tablettes de cire blanche & de cire à cacheter peuvent être armées, & enſuite chargées; & l'on ſait que l'expérience de Leide a réuſſi, avec un plateau de cire d'Eſpagne, poli de deux côtés, d'une épaiſſeur de quatre lignes, qu'on avoit doré, en laiſſant un certain eſpace ſur les bords ſans dorure; ce qui prouve que le fluide électrique ne paſſe pas facilement à travers ces corps, autrement l'une de leurs ſurfaces ne pourroit pas devenir électrique par *excès*, & l'autre par *défaut.* Ainſi les corps réſineux, quoique leur attraction s'étende aſſez loin, ne doivent pas pour cela tranſmettre tout de ſuite la matiere électrique.

elle se trouve dans l'un des corps, & de la petite quantité qui se trouve dans l'autre; & de plus, de l'effort que fait un des corps pour la retenir, & de celui que fait l'autre corps pour la lui enlever. C'est delà qu'on doit tirer l'explication du phénomene dont nous venons de parler, & de l'expérience XI.

Les expériences IX & X, prouvent que les vapeurs & les fumées retiennent beaucoup de propriétés des corps qui les produisent. L'expérience XIII nous apprend la même chose, parce que les vapeurs qui s'élevent de la flamme d'une chandelle servent de véhicule ou de conducteur à la matiere électrique, qui passe alors plus facilement à travers de l'air, dans les corps voisins. Mais la lumiere pure du soleil, en échauffant l'athmosphere, & raréfiant l'air, ne doit pas le rendre sensiblement plus perméable au fluide électrique.

Les phénomenes rapportés dans les expériences XIV, XV, XVI & XVII, prouvent, 1°. que l'air s'oppose au mouvement du fluide électrique, comme les corps idioélec-

triques, dans la classe desquels cependant il ne paroît pas qu'on doive le placer; car Beccaria a remarqué que pendant des vents très-violens qui enlevoient un cerf-volant, on n'a apperçu aucun signe d'électricité; de maniere que, malgré l'agitation du vent, & le frottement que les particules aériennes exercent les unes contre les autres, ce fluide ne devient pas électrique. Et c'est sans fondement, que l'Abbé Nollet conjecture, dans le sixieme volume de sa Physique expérimentale, que l'électricité peut s'exciter dans notre athmosphere, par le frottement de deux courans d'air qui glissent l'un sur l'autre avec des directions opposées, ce qui arrive ordinairement, dit-il, dans des temps orageux; & que cette vertu se communiquant aux nuages, les met en état d'étinceler & de fulminer contre les objets terrestres, quand ils en sont à une certaine proximité. Si cette conjecture étoit vraie, il seroit difficile de dire, pourquoi les nuages orageux d'hiver sont si rarement accompagnés d'éclairs & de tonnerres. 2°. Ces mêmes phé-

nomenes prouvent que les mouvemens qu'on obſerve dans les petits corps, ne dépendent point de l'action de l'air, mais ſeulement de l'écoulement de la matiere électrique qui les produit.

Pour expliquer les phénomenes de la bouteille de Leide, des Phyſiciens ingénieux aſſurent que le fluide électrique ne peut paſſer d'une ſurface à l'autre à travers l'épaiſſeur du verre, dans laquelle auſſi on ne peut augmenter ni diminuer la quantité de fluide électrique, que ce corps retient avec beaucoup de force; néanmoins l'une des ſurfaces peut en laiſſer échapper autant qu'il s'en accumule ſur l'autre. Le célebre Franklin penſe que le verre eſt plus denſe dans ſon milieu qu'auprès de ſa ſurface, & que c'eſt pour cela que la vapeur électrique ne peut le traverſer; mais ce Savant ſe trompe évidemment, puiſque l'expérience a le même ſuccès, ſoit qu'on emploie une lame de verre priſe dans le milieu de l'épaiſſeur, ſoit que cette lame ait été priſe près de

la surface (1). Quoi qu'il en soit, Beccaria & Franklin, prouvent que l'armure intérieure ne fait autre chose que favoriser la condensation du

(1) Ceux qui admettront avec nous ce fréquent passage des forces dans les petites distances, des répulsives aux attractives & réciproquement, comprendront facilement qu'il peut se faire que certaines parties d'un corps attirent les fluides qui les environnent, à des plus grandes distances, mais avec moins de force, tandis que les autres parties attirent les mêmes fluides avec plus de force, mais dans une moindre distance; d'où il arrive que l'athmosphere de ces dernieres parties est plus dense, quoique moins étendue. Si ces molécules conservent entr'elles une certaine distance déterminée, chacune gardera l'athmosphere dont elle est environnée; mais dans une autre distance, l'une de ces particules pourra, par sa force attractive, dépouiller l'autre de son athmosphere. Maintenant si nous concevons que les particules du verre exercent une grande force attractive sur le fluide électrique, dont les molécules se repoussent mutuellement comme celles de l'air, même à des plus grandes distances que ne s'étend l'attraction du verre, qui est cependant plus considérable que la force répulsive, qui tend à éloigner les molécules électriques les unes des autres; si, dis-je, nous concevons bien cela, & si en même temps nous faisons at-

fluide électrique sur la surface intérieure de la bouteille, tandis que l'armure extérieure donne la facilité à la matiere électrique de s'échapper de

---

tention que l'armure intérieure de la bouteille peut recevoir avec facilité une grande quantité de matiere électrique, nous comprendrons que ce fluide doit se condenser par l'attraction combinée du verre & de l'armure, & former, autour des particules de la surface interne de la bouteille, des athmospheres denses, quoique d'un petit diametre. Mais les particules qui composent ces athmospheres, ne peuvent se rapprocher sans que leurs forces répulsives augmentent : alors ces forces exercent leur énergie sur la matiere électrique de la partie externe de la bouteille; (car nous supposons que le verre n'est pas trop épais, autrement l'expérience ne réussiroit pas, la force répulsive ne s'étendant pas au-delà d'une certaine distance). Mais parce que la force attractive des parties de la surface externe, celle de l'armure & la résistance de l'air, s'opposent à la dissipation de la matiere électrique, accumulée sur la surface extérieure; il est nécessaire d'employer l'attraction d'un corps symperiélectrique, sur lequel on place le verre qu'on doit charger; de cette maniere la matiere électrique pourra s'accumuler sur une surface, tandis que celle de l'autre surface s'écoulera : cependant la matiere qui affluera d'un côté

la ſurface correſpondante du verre. Ce dernier Savant avoit appliqué ſupérieurement & inférieurement des lames de plomb à une tablette de verre qu'on chargeoit; ayant écarté les lames, il remarqua qu'il ſortoit des étincelles preſque pungitives des endroits du verre, que le plomb touchoit plus intimement (1). Le même Phyſicien ayant

---

ne paſſera point à l'autre ſurface. Il eſt vrai que la matiere affluante pourra pénétrer dans le verre à une petite profondeur; mais pour que l'expérience réuſſiſſe & produiſe la commotion, il eſt néceſſaire que l'épaiſſeur du verre n'excede que fort peu l'intervalle juſqu'auquel s'étend la plus forte attraction de l'armure: ſi cette épaiſſeur eſt de beaucoup plus conſidérable, la répulſion du fluide électrique accumulé d'un côté, ne pourra plus être aidée par l'attraction de l'armure de l'autre ſurface; & dans ce cas, tandis que le fluide s'écoulera d'un côté, il ne pourra point s'accumuler en quantité de l'autre côté; & de même la répulſion de la matiere électrique, condenſée ſur une ſurface, ne pourra pas aider l'attraction de l'armure placée ſur la ſurface oppoſée, afin de dépouiller cette ſurface de ſon fluide.

(1) La cauſe de la ſenſation douloureuſe qu'on éprouve dans l'expérience de Leide,

débouché une bouteille chargée, répandit l'eau qu'elle contenoit, & qui faisoit l'office d'une armure intérieure, & en ayant substitué de

---

vient de l'explosion que le fluide électrique fait dans les corps animés qui en sont pénétrés. L'expérience des nerfs séparés du corps, qui deviennent aussi électriques que l'ambre, prouve bien que les nerfs d'une partie paralysée contiennent autant de fluide igné, qu'avant la paralysie; mais ce fluide manque de mouvement: & on peut le lui redonner dans le commencement de la maladie, par de foibles vibrations & commotions souvent répétées. Ces commotions doivent être administrées avec beaucoup de circonspection. L'opérateur doit faire attention d'où partent les nerfs de la partie affectée, & comment il doit commotionner ces nerfs; les vibrations & les commotions doivent se communiquer imperceptiblement à diverses reprises, depuis l'extrêmité des nerfs obstrués, jusqu'à leur origine; l'on doit bien prendre garde, dit un Physicien, de ne point attaquer la substance corticale pour la médullaire, & faire attention aux parties bifurquées des nerfs. Toutes ces précautions sont de la plus grande utilité pour procurer des guérisons. Il est très-possible que l'électricité mal administrée fasse périr le malade.

« D'après mes observations, (ajoute ce même Physicien), il paroît que de toutes les sensations douloureuses que la commo-

nouvelle, il ſentit néanmoins la commotion en déchargeant la bouteille. Mais Beccaria ayant tiré l'eau d'une bouteille chargée, par le

---

tion donne, celle du poignet, du coude, de la cheville & du genou, ſont les plus fortes. Voilà mes conjectures ſur cette différence dans ces ſenſations : ces douleurs plus ou moins fortes, ne viennent que du méchaniſme des articulations des os : n'y ayant aucune diſcontinuité dans les arteres, veines, nerfs & muſcles, le mouvement doit être continu dans toutes ces parties pendant la commotion : la douleur n'eſt occaſionnée que par la diſcontinuité des parties ».

« Les Electriciens ſavent que lorſqu'on ſe ſert de chaîne pour faire paſſer la commotion à quelque corps, chaque chaînon tire de celui qu'il touche, un étincelle : plus le chaînon eſt éloigné, & plus l'étincelle eſt forte ».

« Si on poſe la chaîne ſur un papier blanc pendant cette opération, la trace de la chaîne ſe trouve marquée ſur le papier, d'un gros rouge foncé ; chaque étincelle d'un chaînon enleve une petite partie de cuivre qu'elle réduit en chaux ſur le papier. Si on ſe ſert d'un morceau de métal continu, on ne voit aucune étincelle, & le papier ne ſe trouve pas marqué. Toutes les parties animales ayant continuité, excepté les os, qui forment chacun un corps particulier ſéparé, comme les chaînons,

moyen d'un syphon, en substitua de nouvelle, sans avoir besoin de recharger le verre. On comprend aussi pourquoi l'on emploie une

---

plus ou moins avec celui avec lequel il s'articule; c'est donc aux os, & à leur plus ou moins d'éloignement, que nous devons le plus ou le moins de douleur dans la commotion; l'expérience justifie ce que j'avance ».

« J'ai tenté, (dit le même Savant), l'électricité sur des sourds de naissance, & sur d'autres, par accident. J'ai électrisé les uns, & les autres isolés, & les ai soumis à la commotion, en la faisant passer d'un tympan à l'autre. J'en ai guéri deux qui étoient devenus sourds par accident. J'ai remarqué un fait constant & extraordinaire, en répétant ces expériences: lorsque ces personnes sont électrisées, isolées, elles entendent parfaitement; ensorte que plusieurs sourds de naissance ont entendu lorsqu'on a frappé derriere eux, d'une main dans l'autre, plusieurs coups; ils ont répété & frappé dans leurs mains la même quantité de coups qu'ils avoient entendu: cette expérience a été faite sur sept personnes sourdes de naissance, plus de vingt fois; le résultat a toujours été le même. Ils ont donné plusieurs autres preuves qu'ils entendoient, aussi frappantes que celles que je cite. Les sourds par accident entendent aussi-bien que s'ils ne l'étoient pas; ils conservent

armure externe, (que le contact seul de la main peut suppléer), & la communication avec la terre : car *charger la bouteille*, n'est autre chose

---

cette faculté d'entendre après l'expérience; les uns plusieurs heures, & d'autres l'ont conservée pendant plusieurs jours. Cette faculté est moindre lorsqu'ils ne sont plus isolés, & va en diminuant par gradation, jusqu'à devenir nulle ».

« Je viens d'administrer l'électricité à un homme qu'une paralysie avoit rendu muet, sourd, & les jambes & cuisses sans mouvement, ni sensation. Il commençoit à parler lorsque je lui ai administré l'électricité; il n'entendoit nullement. Chaque fois que je l'électrise, il entend aussi-bien qu'avant sa maladie. Cet homme n'avoit d'autre talent que de jouer du violon, talent qu'il ne peut plus exercer, n'entendant aucun son. Chaque fois que cet homme est électrisé, il essaie à jouer du violon, qu'il entend très-bien; cette faculté lui dure présentement vingt-quatre heures; dans les commencemens ils n'entendoit que pendant très-peu de temps. Actuellement il est moins sourd; pour les jambes & les cuisses, l'électricité leur a procuré la circulation du fluide nerveux. Il ressent des douleurs sourdes dans toutes les articulations, & sent les parties qu'on touche ou pince, comme celles qui ne sont point paralysées; quoiqu'avant l'électricité il ne ressentît aucune douleur, lors

qu'accumuler la matiere électrique sur une surface, en l'enlevant à

même qu'on le pinçoit fort ». Ne pourroit-on pas guérir les gouttes sereines, en dirigeant le mouvement de la matiere électrique vers le fond de la rétine, & dans les nerfs optiques? C'est aux Médecins à juger si ce moyen aidé de la commotion de l'expérience de Leide, seroit ou ne seroit pas suffisant pour enlever l'obstruction de ces nerfs.

Il seroit bon de diriger le courant électrique, de maniere que sans passer par la cornée transparente, il parvînt dans le centre du nerf optique; pour cela on feroit prendre à l'œil & à la tête, une situation convenable, afin de ne pas endommager la rétine qui est si délicate. Mais on doit être très-circonspect, & ne donner qu'une commotion qui ne puisse pas incommoder. Au reste, l'on doit dans ce cas, comme dans la surdité & la paralysie de quelque membre, préparer le malade par des remedes convenables, & joindre ensemble les secours de l'électricité avec les autres moyens de guérir que fournit la Médecine. Si l'on est obligé de faire passer la commotion de la tête aux pieds, on fera attention qu'elle est beaucoup plus forte lorsqu'on tire l'étincelle sur la suture coronale que sur une autre partie, & sur-tout sur la partie qui forme l'angle, avec la suture lambdoïde; mais on ne doit tenter ces expériences que sous la direction d'un Médecin prudent & habile.

l'autre ; mais on décharge cette même bouteille, en fournissant à cette matiere un conducteur, par le moyen duquel elle peut passer facilement de la surface sur laquelle elle est condensée, à celle qui en a été dépouillée. De cette maniere on pourra l'accumuler sur la surface extérieure, en la rendant plus rare sur la surface intérieure. C'est de ce principe que dépendent les expériences XVIII, XIX, XX, XXI, XXII (1). L'expérience XXV prou-

(1) L'expérience de Leide peut réussir avec des vases de porcelaine & de grès, ainsi que l'a éprouvé Nollet. Les Hollandois établis à Surinam, ont remarqué qu'un poisson connu sous le nom de *gymnotus*, ressemblant à une anguille, de l'espece des congres, avoit des propriétés semblables à celles de la torpille. M. Adanson a trouvé un poisson semblable, ou peut-être le même, dans la riviere du Sénégal, en Afrique. D'autres observateurs paroissent avoir trouvé le même poisson dans plusieurs autres contrées. La *torpille* est une espece de raie commune dans la méditerranée, très-abondamment pourvue de nerfs, qui sont peut-être les organes électriques destinés à la formation, la réunion & la direction du fluide électrique. Ce qui semble confirmer cette opinion, c'est que les facultés électri-

ve que le vuide peut faire l'office d'une armure, tandis que l'air s'oppose à l'écoulement de la matiere électrique. Mais l'expérience XXVI,

---

ques qui sont très-sensibles dans cet animal, comme on peut le conclure de l'engourdissement qu'il cause directement, ou par communication aux animaux & aux hommes qui le touchent, paroissent, par les expériences de M. Walsh, être entierement au pouvoir de sa volonté. Ces phénomenes semblent confirmer l'identité soupçonnée par M. de Sauvages, & plusieurs autres Médecins, entre le fluide électrique & le fluide nerveux.

M. Walsh a trouvé que non seulement la torpille accumule dans une partie de son corps, une grande quantité de fluide électrique; mais encore qu'elle est munie d'une certaine organisation disposée comme la bouteille de Leide; ainsi lorsqu'une surface de la partie électrique, (supposez celle du dos), étoit chargée de cette matiere, ou comme l'on dit, étoit électrisée en plus, ou positivement, l'autre surface (celle du ventre) étoit privée de cette matiere, ou étoit électrisée en moins ou négativement; de façon qu'on rétablissoit l'équilibre, en formant une communication entre les deux surfaces, au moyen de l'eau, des métaux, ou des fluides du corps humain. Un homme appuyant sur une de ces surfaces avec une main, pouvoit avec l'autre faire le circuit nécessaire, & recevoir à l'instant le choc, comme dans l'expérience de la bouteille de

démontre que la matiere électrique condensée a une si grande force ex-

---

Leide. Cependant quoique cette bouteille produise des attractions, des répulsions, que sa décharge se fasse à travers un certain espace d'air, & qu'elle soit accompagnée de bruit & de lumiere ; on ne remarque rien de semblable dans la torpille. Mais il faut observer qu'en chargeant un grand nombre de bocaux avec une petite quantité de matiere électrique ; on n'appercevra ni répulsion ni attraction, & alors la matiere électrique ne traversera pas la centieme partie d'un pouce d'air, quoique cette matiere communique la commotion aux personnes qui formeront un cercle convenable de conducteurs, & dont les extrêmes toucheront les bocaux. Dira-t-on que le fluide de la torpille est d'une nature un peu différente de l'autre, ou bien que les organes électriques de la torpille forment une somme de surfaces très-considérable ? Si on renferme une torpille dans un bassin rempli d'eau avec d'autres poissons, ceux-ci périssent en peu de temps ; cependant la petite squille (qui est une espece de cancre) fait mourir la torpille.

Le poisson le *trembleur*, espece de *gymnotus electricus*, qui à la forme d'une anguille, à plus d'énergie, & la commotion qu'il excite renverse souvent celui qui tente l'expérience. Le fluide électrique de la torpille est intercepté par les mêmes substances qui interceptent le fluide électrique ordinaire, particulierement par le verre & la cire à cacheter.

panſive, que s'il ſe trouve des fentes dans le verre, (qui cependant ne doivent pas traverſer toute ſon épaiſſeur), ou d'autres corps hétérogenes qui affoibliſſent la cohéſion de ſes parties, elle peut faire exploſion, & briſer le vaſe. On voit dans le même endroit, qu'il y a pluſieurs eſpeces de corps que la chaleur rend idioélectriques, & capables d'arrêter le mouvement du fluide électrique. Ce phénomene ne dépendroit-il pas de la force avec laquelle le feu adhere aux molécules de ces corps que la matiere électrique traverſe facilement lorſqu'ils ſont froids ? Enfin, ce que nous avons rapporté dans les expériences XIX & XXIV, prouve qu'il y a une grande analogie entre la matiere électrique & le feu : cependant il peut ſe faire, dit-on, que le métal ait été diſſous ſans être fondu ; car Franklin ayant porté le doigt ſur des lames de verre, entre leſquelles l'exploſion électrique venoit de diſſoudre une feuille de métal, n'a pu remarquer aucune chaleur ſenſible. Beccaria obſerve que l'air

qui ſe trouve dans l'eau ſous une forme fixe, recouvre ſon élaſticité par le moyen de l'étincelle électrique. En général, lorſque la matiere électrique ſe trouve trop condenſée, & que le chemin par où elle peut paſſer eſt trop étroit, elle briſe les obſtacles, & ſe fraie une route plus facile.

Une petite plume ſuſpendue dans un vaſe de verre fermé hermétiquement, s'approche d'un tube électrique, qu'on approche de la ſurface extérieure du verre; elle s'en écarte enſuite comme ſi elle étoit repouſſée, & vole juſqu'au côté oppoſé du vaſe; elle eſt enſuite attirée, & ainſi de ſuite. Ce phénomene prouve que le verre peut être électriſé par le moyen d'un tube électrique, auquel ſa ſurface externe enleve une partie de ſon fluide électrique : alors il doit s'échapper de la partie correſpondante de la ſurface interne, une certaine quantité de matiere que la plume, comme moins électrique, boit & attire avec une certaine force; ce qui fait qu'elle s'approche du verre,

duquel elle s'éloigne aussi-tôt qu'elle est rassasiée, si l'on peut parler ainsi, en s'approchant du côté opposé du vase, où elle dépose une grande partie de la matiere qu'elle contenoit. Les oscillations de cette plume durent jusqu'à ce qu'il se soit établi un certain équilibre de forces dans le verre, alors le mouvement cesse. Si l'on éloigne le tube électrique de la surface externe du vase, la matiere qui s'étoit accumulée extérieurement se dissipe, celle qui avoit été transportée d'un côté de la surface interne du verre à l'autre, par le moyen de la plume, revient par la même voiture, si l'on peut s'exprimer ainsi, & reprend sa premiere place, après quoi la plume reste en repos.

Un verre poli donne des signes d'électricité par excès lorsqu'on le frotte; mais si l'on sillonne sa surface par le moyen d'une poudre grossiere d'émeril, & qu'on le frotte ensuite, il deviendra électrique par défaut; de maniere qu'il attirera des corpuscules électrisés par la communication avec la surface d'un verre

poli qu'on aura frotté. Ne peut-on pas dire que dans le verre qui n'est pas poli, les seules éminences reçoivent le frottement, & deviennent électriques sans avoir assez de force pour retenir le fluide électrique, que le corps frottant leur enleve? Mais lorsque le verre est fort poli, les éminences sont moins considérables & en plus grand nombre; de maniere que leur force attractive combinée avec celle des petites fossettes qui les séparent, enleve assez de matiere électrique au corps frottant, pour réparer la perte que fait le corps frotté.

Il y a des Physiciens qui prétendent que certains corps acquierent la vertu électrique par le moyen de la fusion, comme le soufre, la cire à cacheter, &c. Mais ne peut-on pas dire que leur électricité vient d'un léger frottement qu'on excite en les tirant du carton qui les couvroit après la fusion, ou par le mouvement de la main qui les saisit pour faire l'expérience, ou encore par l'agitation de l'air ambiant? En effet, le mouvement de l'air qui se porte

avec

avec rapidité dans un vaſe de verre aſſez mince, duquel on a d'abord pompé l'air, ou même dans un vaſe de cire d'Eſpagne, ſuffit pour exciter l'électricité (1); & l'on ſait que

---

(1) Un Phyſicien moderne attribue l'exploſion de la larme batavique à l'impétuoſité de l'air, qui entre par l'orifice qu'on ouvre en rompant ſa queue. Un autre Phyſicien qui fait dépendre le tonnerre de l'électricité, conſidérant la lame d'une épée comme une eſpece de conducteur qui accumule la matiere électrique, en tire cette conſéquence, que la lame doit quelquefois être fondue, ſans que le fourreau ſoit endommagé. Suppoſons qu'on faſſe l'expérience de Leide ſur deux perſonnes, qui tiennent chacune par une main une extrêmité d'une même lame d'épée; enſorte que le milieu de la chaîne de commotion ſoit formé par l'épée; ſi trois autres perſonnes empoignent avec leurs deux mains la longueur de la lame, de maniere que ces mains forment une eſpece de fourreau plus court que la lame, il eſt certain que les deux premieres perſonnes ſeulement, reſſentiront la commotion lorſqu'on déchargera la bouteille; & les mains qui repréſentent le fourreau ne reſſentiront rien, parce qu'elles ſont hors de la chaîne. Le fluide électrique du tonnerre, étant entré par une extrêmité de la lame, en ſortira par l'autre, ſans endommager le corps environnant, ou le fourreau qui eſt hors de la

l'ambre s'électrise par le frottement des parties aériennes, qu'on pousse contre sa surface avec un soufflet.

La difficulté que trouve le fluide électrique à traverser l'air, produit un phénomene assez curieux. Si l'on pose des morceaux d'une feuille d'or sur un plat métallique, ils s'agitent, sautent, & enfin s'unissent les uns aux autres, pour former une espece de chaîne jusqu'au tube électrique, formant ainsi une espece de canal,

---

chaîne, & qui de plus est beaucoup moins conducteur. En sortant il se portera sur le corps qui sera le plus voisin de son issue, ou sur celui qui aura le plus de vertu conductrice, ou sur celui qui réunira ces deux qualités. Ce même Physicien prétend que la foudre ne liquéfie un conducteur d'une masse considérable, que dans le cas où il n'y a ni continuité, ni contiguité; alors le fluide électrique s'accumule autour de ce corps, & forme une athmosphere d'un feu fort actif, & très-capable d'opérer une fusion. Lorsque le fourreau a été brûlé, sans que la lame ait souffert aucun dommage, le degré d'électricité a été trop foible pour fondre le métal: c'est ainsi que la flamme d'un feu foible & peu actif consume le fourreau, & laisse la lame dans son entier. Telle est en peu de mots l'opinion de ce Physicien sur ce phénomene singulier.

par le moyen duquel le fluide électrique peut passer facilement du tube où il abonde dans le plat, & les autres corps qui communiquent avec la terre. C'est par un moyen à peu près semblable, si l'on en croit Beccaria, que le fluide électrique passe d'un lieu de la terre où il abonde, dans un endroit où il y en a une moindre quantité : ce canal est formé, selon ce Savant, par les vapeurs répandues dans l'air, & celles que l'électricité éleve de la terre. Mais pourquoi la matiere électrique ne passe-t-elle pas à travers la terre pour se rendre d'un lieu dans un autre? J'avoue qu'il y a des corps idioélectriques dans les entrailles de notre globe, mais ils sont en petit nombre respectivement à ceux que nous appellons sympériélectriques. Je ne puis nier non plus que certains corps, comme les marbres, s'opposent à la propagation de l'électricité quand ils sont chauffés jusqu'à un certain point; mais cela ne prouve pas que l'électricité soit la seule cause de l'élévation des vapeurs dans tant de lieux différens. Néanmoins on a

obſervé que dans un lieu fermé ; purgé de vapeurs & chaud, l'air reſtoit électrique, quoique l'électricité fût éteinte dans le tube dans lequel on l'avoit excitée auparavant; car on remarquoit que les fils s'éloignoient des uns des autres, comme ils ont accoutumé de le faire lorſqu'ils ſont ſuſpendus à un tube électriſé. Ce phénomene paroît prouver que l'air peut recevoir la vertu électrique par communication, à moins qu'on n'aime mieux dire que les ſeules vapeurs répandues dans l'air, & non les molécules aériennes ſont devenues électriques. Quoi qu'il en ſoit, l'expérience a appris que l'électricité augmente l'évaporation de l'eau, & de pluſieurs autres liqueurs, (mais non pas celle du mercure, dont les parties ſont trop peſantes pour obéir à ſon action), la tranſpiration des hommes & des animaux; enſorte qu'il paroît qu'on peut l'employer utilement pour purger les pores cutanés, lorſque cela eſt néceſſaire. L'électricité facilite auſſi la végétation des planetes, & accélere leur développement. Mais l'humi-

dité, selon Nollet, ne nuit point à l'électricité des corps, à qui & par qui l'on communique cette vertu. Quoique celle du lieu où l'on opere, nuise au succès des expériences électriques, cependant les vapeurs non aqueuses, ne nuisent nullement à cette vertu. Le verre mouillé ne s'électrise plus par frottement, & un vaisseau de cette matiere, humide intérieurement, ne s'électrise pas par frottement, ou perd son électricité.

Nous avons parlé ci-dessus des effets salutaires que l'électricité peut produire dans les corps attaqués de paralysie, quand on les électrise, & qu'on leur fait éprouver la commotion de l'expérience de Leide. Le fluide électrique, en coulant avec rapidité dans les nerfs, peut enlever l'obstruction qui s'oppose à la circulation du fluide nerveux, & rendre la santé au malade. M. Jallabert a employé avec succès ces secours singuliers; on s'en est servi à Copenhague & ailleurs, où cette méthode a bien réussi; mais les effets n'ont pas

répondu par-tout aux desirs des Physiciens électrisans.

Lorsqu'on frotte dans l'obscurité deux morceaux de sucre l'un contre l'autre, ou qu'on en coupe un morceau avec un couteau & un marteau, on apperçoit une traînée de lumiere. Peut-être le sel commun & l'alun offriroient de semblables phénomenes, que l'on doit regarder comme électriques. On dit que le mercure monte dans un barometre électrisé, ce qui pourroit venir de la dilatation du mercure qui occuperoit alors un plus grand espace. On assure aussi que selon la différence des corps dont on se sert pour frotter une boule de verre que l'on électrise, la couleur de la lumiere est différente, parce que la lumiere engagée dans les pores de différens corps, n'est pas toujours la même.

Si l'on aproche un pendule léger de l'extrêmité vuide d'un barometre, on observe qu'il est attiré lorsque le mercure descend, & qu'il revient à sa premiere situation lorsque le mercure monte. Ce phénomene, ainsi

que la lumiere, que produit le barometre, vient de l'électricité. Le mercure, en frottant la surface interne du tube, produit la vertu électrique, qui se communique à des feuilles métalliques, avec lesquelles on enveloppe son extrêmité, lorsque le barometre est luisant, ou qu'il donne de la lumiere; car les autres n'ont pas cette qualité. Pour obtenir cette propriété, on emploie du mercure distillé très-pur, on nettoie bien la surface interne du tube, & l'ayant rempli de mercure, on le fait chauffer sur des charbons ardens jusqu'à l'ébullition, afin de chasser ses particules humides s'il y en a, qui se dissipent en vapeurs (1).

(1) Ceux qui avec Mussenbroeck pensent que les barometres ne peuvent produire de la lumiere s'ils n'ont à leur sommet une bulle d'air, se trompent, quoiqu'il soit vrai qu'un peu d'air ne nuit pas à ce phénomene, mais il n'y est pas nécessaire. L'humidité & les saletés qui affoiblissent ou empêchent le frottement du mercure sur le verre, s'opposent à l'électricité; & comme d'ailleurs tous les verres ne sont pas également propres à la produire, tous les barometres ne doivent pas être également luisans.

Il y a des corps qu'on pourroit regarder comme n'étant pas électrisés, qui cependant le sont souvent d'une maniere très-marquée. Si l'on électrise un grand plat rempli d'eau, dans lequel on ait mis flotter des petites boules de liege, ou de verre soufflé ; tous ces corps électrisés par communication, sont attirés sensiblement par tout ce qui n'est point électrique. Electrisez un tube de verre, en le frottant plusieurs fois avec la main ou de quelqu'autre maniere, laissez ensuite tomber sur ce tube une petite feuille de métal ; attendez un instant que la répulsion électrique l'en ait séparé, & entretenez la flottante en l'air, en tenant le tube au dessous d'elle ; ce corps se jettera avec précipitation sur le doigt non

---

Lorsque le mercure descend, il frotte le verre ; & la matiere électrique qui sort de cette substance métallique, se condense sur la surface interne du verre ; d'où il arrive, dit-on, que le fluide répandu sur la surface externe du barometre en est repoussé, & attiré par le pendule léger dont nous avons parlé ci-dessus. Le mercure, en remontant, reprend la matiere électrique, qui s'en étoit échappée.

électrique qu'on lui préfentera, ou fur un écu collé au bout d'un bâton de cire d'Efpagne.

Pour augmenter les effets électriques, on peut employer un *conducteur armé*; c'eft-à-dire, un conducteur le long duquel on a difpofé, à quelques pouces de diftance, d'autres corps conducteurs fecs, fans pointes ni angles, qui communiquent entr'eux, avec le plancher & le fupport ou pied de la machine; alors les étincelles qui s'élancent du premier conducteur électrifé, feront plus fortes & plus longues que s'il étoit feul. Les conducteurs ifolés propagent l'électricité; les conducteurs non ifolés peuvent la renforcer: cela dépend de leur pofition, comme l'expérience le démontre. On peut auffi, au lieu d'un globe de verre, employer un plateau, traverfé dans fon milieu par un axe qui le fait tourner, & qu'on peut frotter par le moyen d'un double couffinet, qui le ferre de deux côtés.

L'Abbé Nollet prétend que les phénomenes électriques dépendent d'une matiere fubtile, qui a deux

mouvemens ſimultanés dans les corps qu'on électriſe : il eſt très-probable, ſelon lui, que cette matiere eſt la même que celle du feu & de la lumiere ; il ſoutient néanmoins que l'électricité ne dilate point les corps, & n'augmente point leurs dimenſions ou leur volume, comme la chaleur, qui lorſqu'elle n'eſt pas capable d'amollir les corps, les rend plus propres à s'électriſer par le frottement. Mais l'électriſabilité du verre ne tient point à la couleur, ni à la tranſparence, ni à la figure. Il penſe que la matiere ſort des corps électriſés par les pores les plus ouverts & les plus propres à favoriſer ſes éruptions, en forme de bouquets ou d'aigrettes, dont les rayons divergent beaucoup entr'eux ; & que tout corps électriſé par frottement, ou tout conducteur iſolé qu'on électriſe, a autour de lui une athmoſphere électrique, dont les rayons vont en deux ſens opoſés : les uns partant du corps électriſé pour ſe porter aux environs, les autres venant à lui de l'air, ou des autres corps qui ſont autour de lui. Pour prouver l'exiſtence de ces

deux courans de matiere effluente & affluente, il rapporte plusieurs experiences, entr'autres l'expérience d'Hauxbée, dans laquelle des fils arrêtés au centre d'un globe de verre électrisé, se dirigent en forme de rayons qui tendent à l'équateur du globe, tandis que d'autres fils attachés à un cercle au dehors, prennent une tendance convergente au centre de ce même globe. Mais ce phénomene s'explique facilement dans le systême de Franklin. Un homme électrisé qui passe légerement sa main sur une personne non isolée, vêtue de quelqu'étoffe où il y ait de l'or ou de l'argent, la fait étinceller de toutes parts, non seulemet elle, mais encore toutes les autres qui sont habillées de pareilles étoffes, & qui se touchent; & ces étincelles se font sentir aux personnes sur qui elles paroissent, par des picotemens qu'elles ont peine à souffrir. Le même Auteur rapporte qu'une personne électrisée, sur-tout si elle l'est par le moyen d'un globe de verre, allume avec le bout de son doigt de l'esprit-de-vin légerement chauf-

ſé, que lui préſente une autre perſonne non iſolée. Il dit encore qu'un globe de verre enduit de cire d'Eſpagne pardedans, & que l'on frotte après l'avoir purgé d'air, devient lumineux intérieurement, & que l'on apperçoit la main & les doigts de celui qui frotte, nonobſtant l'opacité naturelle de la cire d'Eſpagne.

Si l'on admet les principes de cet Auteur, il ſera facile de concevoir que la matiere électrique miſe en mouvement par les oſcillations des parties d'un globe qu'on frotte, & pouſſée dans un conducteur métallique, doit en ſortant par les pores de ce conducteur, entraîner des corpuſcules qu'elle rencontre ſur ſon chemin, tandis que la matiere affluente qui viendroit prendre ſa place, pouſſeroit vers le même corps d'autres corpuſcules qu'elle rencontreroit ſur ſa route ; mais les phénomenes de l'expérience de Leide ne ſont pas ſi faciles à expliquer dans cette hipotheſe, que bien des gens d'une grande réputation refuſent d'admettre.

En certain temps de l'année, dit

l'Abbé Nollet, ſur-tout lorqu'il y a des nuages orageux, il regne dans l'air une électricité qui ſe communique à tous les corps iſolés qui ſont de la nature des conducteurs; mais cette vertu eſt ordinairement plus forte à une certaire diſtance de la terre : on a imaginé d'aller au devant d'elle avec un cerf-volant, & de la faire deſcendre par la corde avec laquelle on gouverne l'inſtrument. L'ingénieux auteur de cette invention agiſſant par principes, fila la corde avec un fil de laiton, & par ce moyen il ſe procura des feux électriques, tels qu'on n'en avoit jamais vus, & qui doivent rendre circonſpects tous ceux qui feroient tentés de ſe livrer à de pareilles épreuves (1). Ne peut-on pas pen-

(1) En employant un cerf-volant dont la corde étoit enveloppée d'un fil trait de métal, M. de Romas a obtenu, pendant un orage médiocre, le tonnerre ne grondant preſque pas, & la pluie étant fort menue, des lames de feu de neuf ou dix pieds de longueur & d'un pouce de groſſeur, qui faiſoient un bruit ſemblable à celui d'un coup de piſtolet. Il eſt dangereux de lan-

ser que la pluie, la neige, la grêle, en tombant d'une nuée orageuse, conduisent l'électricité vers la terre, & que les brouillards eux-mêmes sont des véritables conducteurs de l'électricité; de maniere que le fluide électrique passe successivement dans les différentes couches de brouillards, pour se porter d'un lieu où il abonde dans un autre où il y en a beaucoup moins?

Que l'on suspende avec un fil de soie une grosse aiguille à coudre, entre deux timbres métalliques, dont

---

cer le cerf-volant, en tenant la corde lorsque l'orage est proche, ou qu'il commence à pleuvoir; & le Physicien que nous venons de citer, l'ayant voulu faire, le tonnerre grondant sur sa tête, en reçut un coup si terrible, sans cependant voir de feu, qu'il en fut renversé par terre. C'est pourquoi il a construit un petit charriot qu'il tient de fort loin avec trois cordons de soie, le faisant avancer ou reculer, selon le besoin; & ce charriot développe la ficelle aussi vîte ou aussi lentement qu'il le juge à propos. Il est aisé de comprendre qu'en faisant approcher des chiens ou même des bœufs de la corde d'un cerf-volant de cette espece, les traits de feu dont on vient de parler pourroient les tuer sur le champ.

l'un soit électrisé par communication, & l'autre soit non isolé ; on verra l'aiguille aller perpétuellement de l'un à l'autre timbre, comme si elle étoit également attirée & repoussée par les deux ; ce qui produit un petit carillon qui dure autant de temps que l'électrisation par laquelle elle est mise en jeu : « Il est aisé de voir qu'en multipliant les timbres, & en variant à propos leurs dimensions, un curieux qui prendra goût à cet amusement, en pourra faire résonner un grand nombre avec le même globe, plusieurs à la fois, si cela entre dans ses vues, ou les uns après les autres, en interrompant par des attouchemens bien ménagés, l'électricité de ceux qu'il voudra tenir en silence ».

« On fera du carillon électrique, une application plus sérieuse, & peut-être plus utile, si l'on met l'appareil des timbres à portée de recevoir l'électricité naturelle, je veux dire celle qui regne quelquefois dans notre athmosphere, sur-tout aux approches des orages accompagnés de tonnerre ; car la nuit comme le

jour on en ſera averti par ces ſons; & leur fréquence plus ou moins grande, indiquera encore ſi cette électricité eſt plus ou moins forte, plus ou moins dangereuſe ».

« Il ſeroit bien à ſouhaiter que nous euſſions quelqu'inſtrument propre, non ſeulement à nous indiquer ſi un corps eſt électrique, mais de combien il l'eſt plus qu'un autre, ou plus qu'il ne l'a été lui-même dans un autre temps, ou dans des circonſtances différentes : ce ſeroit-là véritablement l'*électrometre* que nous cherchons depuis long-temps, que quelques-uns ſe ſont flattés d'avoir trouvé, mais que perſonne ne poſſede, pour dire les choſes comme elles ſont. Tout ce qu'on nous à offert pour meſurer l'électricité, ne vaut pas mieux que les deux bouts de fil qu'on laiſſe pendre à côté l'un de l'autre au corps qu'on électriſe, & qui viennent divergens entr'eux, en devenant électriques avec le corps auquel ils tiennent; l'angle plus ou moins ouvert, qu'ils forment en s'écartant l'un de l'autre, nous dit à peu près ce que nous de-

vons penſer de leurs degrés d'électricité comparés entr'eux ; mais il nous laiſſe ignorer quelle eſt leur électricité abſolue ».

« Il y a plus, c'eſt que ſi le conducteur eſt un aſſemblage de différens corps plus électriſables les uns que les autres ; ces deux fils pendans nous feront bien remarquer qu'il y a dans l'un plus d'électricité que dans l'autre ; mais par cela même que les différentes parties du conducteur ſont ſuſceptibles de différens degrés de vertu, l'état de l'une ou de l'autre fût-il bien connu, nous laiſſera toujours très-incertains du degré d'électricité qui appartient au globe d'où procede cette vertu ».

Par le moyen des fils qu'on peut attacher à un bâton iſolé, & auxquels l'on peut, ſi on veut, ſuſpendre de petites boules très-légeres, ſympériélectriques, on pourra connoître aſſez facilement, du moins à peu près, ſi l'électricité de l'athmoſphere eſt plus ou moins conſidérable, ou ſi elle eſt inſenſible ; car ſi ces boules s'écartent beaucoup les unes des autres, c'eſt une marque qu'il regne

une grande électricité dans l'air ; mais si ces boules ne s'éloignent pas l'une de l'autre, cette électricité sera nulle, ou du moins insensible dans l'endroit où l'on fait l'expérience. On pourra aussi, dit on, suspendre les mêmes boules à des fils de soie bien secs, ce qui suffira pour les isoler. Il paroît même qu'on peut attacher des fils de chanvre d'égale longueur au bout d'un long bâton, en suspendant à ces fils des petites boules de liege.

Voici un *électrophore*, ou nouvel appareil électrique, qui produit, dit-on, des phénomenes singuliers d'électricité résineuse, dont parle le Journal Politique du 25 Juin 1776.

Un plan de métal, couvert d'une matiere résineuse, frotté circulairement avec une peau de lievre, s'électrise, & conserve sa vertu électrique pendant plusieurs jours, pendant lesquels il fournit une multitude étonnante d'étincelles, chaque fois qu'on applique dessus son conducteur, fait d'un autre plan de métal, & garni d'un bord de même matiere.

1°. Le conducteur placé sur le plan résineux, nul signe d'électricité, ni au conducteur, ni au plan résineux. Enlevé de dessus ce dernier, & soutenu par une colonne de crystal, ou par trois cordons de soie, ce conducteur donne une étincelle vive & énergique; ce qui se répete chaque fois qu'on maneuvre de la même maniere.

2°. Le plan résineux isolé sur une colonne de crystal, fournit lui-même une étincelle, lorsque le conducteur est enlevé. On a donc alors une double étincelle, l'une du plan résineux, l'autre du conducteur.

3°. Pour obtenir ce dernier effet, il faut, lorsqu'on pose le conducteur sur le plan résineux, toucher avec le pouce & l'index, ce plan & le conducteur. Sans cette précaution, la vertu électrique paroît épuisée, après la seconde ou la troisieme étincelle : elle renaît aussi-tôt qu'on remplit les conditions que nous venons d'indiquer.

4°. On peut profiter de ces deux étincelles pour électriser séparément deux petites bouteilles, revêtues in-

térieurement & extérieurement d'une substance métallique ; & elles deviennent propres l'une & l'autre à donner la commotion. Celle-ci est d'autant plus énergique, qu'on accumule un plus grand nombre d'étincelles.

5°. On démontre, dit-on, en analysant ces bouteilles, que l'une est électrisée positivement, & l'autre négativement. Parmi les différentes preuves qu'on peut apporter de ce phénomene, la plus simple consiste à saisir chaque bouteille d'une main. Si on approche alors les deux boutons des tiges qui les pénetrent, il part une étincelle, & elle donne la commotion.

6°. Le plan résineux est électrisé négativement, & le conducteur l'est positivement ; ce qu'on démontre par une suite très-curieuse d'expériences, aussi simples qu'ingénieuses.

Nous finirons ce que nous avons à dire sur cette matiere, par un avis qu'on trouve dans l'Esprit des Journaux, sur le moyen de se procurer de bons verres pour l'électricité. On a inventé & employé des tubes, des

globes, des cylindres de verre pour exciter l'électricité; les tubes opéroient trop foiblement & avec trop de peine pour celui qui les frottoit; les globes ont aussi leurs inconvéniens. S'ils sont d'un verre trop mince ils peuvent crever & sauter en éclats, comme il est arrivé plus d'une fois. Si le verre en est plus épais, l'effet en est moins prompt, & souvent plus foible. On ne peut guere les multiplier, & en faire tourner trois ou quatre par le moyen d'une même roue; s'ils sont fermés par les deux poles, ils s'échauffent trop vîte, & perdent bientôt leur vertu; s'ils sont ouverts, l'air humide s'y insinue; si l'on les achete au hazard, & sans les avoir éprouvés, il est assez rare d'en trouver de bons; si l'on s'adresse à ceux qui doivent s'y connoître, & qui en ont à vendre, ils ne les donnent qu'à un prix excessif & rebutant. Mais pour avoir une électricité prompte, forte, & à peu de frais, il n'y a qu'à prendre une platine de verre d'Alsace ou de Bohême, ou une glace taillée en rond, d'un pied de diametre, &

maſtiquée au centre d'un côté d'une petite poulie de bois de 15 ou 16 lignes de diametre, ſur laquelle paſſera la corde de la roue, & de l'autre côté, à une petite piece de bois tournée, de même diametre que la poulie; cela étant ainſi, l'on fera tourner la platine entre deux points, comme un globe. On la frottera avec un couſſinet de peau; & l'on fera toucher la frange du conducteur à la ſurface frottée : on aura par ce moyen de fortes étincelles, dont on pourra augmenter la force, en maſtiquant de la même maniere, 6, 7, 8, 12, &c. platines à la diſtance d'un pouce les unes des autres, & en établiſſant de petits couſſinets dans les entre-deux.

CHAPITRE III.

De l'Aimant.

Il y a une grande analogie entre le fer & l'*aimant :* cette pierre a ordinairement une couleur ferrugineuſe; cependant tous les aimans

n'ont pas la même couleur : Kolbe parle des aimans blancs dans sa Description du Cap de Bonne-Espérance ; la Macédoine en fournit de noirs, & l'Arabie de rouges. On a vu, dit-on, en Hollande, un aimant du poids de 11 onces, qui soutenoit un poids de 28 livres ; il fut vendu pour la valeur de 5000 liv. de France ; mais tous les aimans n'ont pas une égale force pour attirer le fer ou les autres aimans. On s'est assuré cependant, par des observations exactes, qu'un aimant attire le fer avec plus de violence qu'un autre aimant, ou de l'acier, & qu'il agit à une plus grande distance sur un morceau de fer ou d'acier quand il a été frotté par un autre aimant. De plus, l'attraction varie suivant la nature du fer ; & tout fer ne s'aimante pas avec la même facilité, c'est-à-dire, n'acquiert pas les propriétés magnétiques, par un frottement égal. Mussenbroek a remarqué qu'il y a une certaine masse de fer déterminée qu'un aimant donné attire avec plus de force ; de maniere que si l'on augmente ou si l'on di-

minue cette maſſe, l'attraction diminuera; il y a auſſi relativement à la même maſſe de fer, une ſurface déterminée qu'on ne peut changer ſans diminuer l'attraction d'un aimant. Le même Phyſicien a trouvé que l'attraction d'un même aimant n'eſt pas la même, lorſque le fer eſt froid ou lorſqu'il eſt fort chaud, & qu'elle eſt plus grande pendant l'hiver que durant les autres ſaiſons. On ſait auſſi qu'un aimant ſoutient plus facilement un grand poids dans le vuide que dans l'air; & qu'un aimant naturel ou artificiel enleve une plus grande quantité de fer, lorſque ce fer eſt poſé ſur une enclume, que s'il étoit poſé ſur du bois ou ſur de la pierre : ſi l'enclume qui ſert de ſupport eſt plus groſſe, l'aimant en paroît plus puiſſant. L'aimant n'a ordinairement que deux *poles*, c'eſt-à-dire, deux endroits qui, lorſque l'aimant eſt libre, par exemple, lorſqu'il eſt placé ſur un morceau de liege qui nage ſur l'eau, ſe tournent l'un vers le pole méridional, l'autre vers le pole ſeptentrional : le premier s'appelle le *pole méridional* de l'aimant,

mant, l'autre son *pole septentrional.* Quoique les poles de même nom se repoussent ordinairement, cependant lorsqu'ils se touchent ils s'attirent quelquefois. Le pole d'un aimant, par exemple, le pole septentrional attire le pole de différent nom d'un autre aimant, c'est-à-dire, le pole méridional; & si un des poles de cet aimant attire un fer aimanté, l'autre pole le repoussera. En comparant la force attractive d'un aimant rond, sur un globe de fer de même diametre, Mussenbroek a cru s'appercevoir que l'attraction suit la raison inverse quadruplée des espaces cylindriques compris entre les deux spheres. Mais la force des deux poles ne paroît pas être la même dans les aimans. Pour trouver ces poles, on plonge un aimant dans de la limaille de fer ou d'acier; & si la pierre retient cette limaille, qu'elle en paroisse hérissée, & qu'à deux endroits opposés *A*, *B* (*fig.* 52), ces petites barbes de fer s'élevent perpendiculairement à la surface, les endroits où cela arrivera seront les poles de l'aimant; & l'on pourra appeller *axe de l'aimant*, une ligne

tirée d'un de ces endroits à l'autre. On peut aussi se servir de tronçons d'aiguille ; car ces tronçons se levent perpendiculairement à la surface de l'aimant, lorsqu'on les place sur des endroits où sont situés les poles.

Quoiqu'un aimant qui a des poles, attire toujours le fer sans aucune préparation, il a cependant plus de force quand il est *armé*, c'est-à-dire, quand chacun de ses poles est revêtu d'une lame de fer, terminée par une petite masse qui excede un peu la surface inférieure de la pierre, comme *N S* (*fig.* 53) ; on peut attacher ces petites masses ou armures avec une ceinture de cuivre, ou de tout autre métal, excepté de fer & d'acier. Feu M. Nollet avoit un aimant qui avoit peine à soutenir une demi-livre de fer lorsqu'il étoit nud, & qui portoit facilement un poids de 27 livres & demie, lorsqu'il étoit armé. Les meilleures armures sont faites avec du fer doux, le moins battu qu'il est possible, & c'est aux masses de fer *N* & *S*, qu'il faut que le contact se fasse ; c'est

pourquoi l'on fait un portant de fer *C*, auquel on attache le poids que l'aimant est en état de porter. On remarque encore que la figure & les dimensions ne sont point à négliger ; quand les poles sont fort distans l'un de l'autre, c'est la disposition la plus avantageuse qu'ils puissent avoir ; mais la puissance d'un aimant dépend aussi beaucoup de la façon dont il est armé. L'aimant agit à travers l'eau, le verre, le carton, la flamme, & toutes sortes de matieres solides ou fluides. « On a vu des horloges de chambre qui n'avoient point d'autre aiguille pour marquer les heures, qu'une petite mouche d'acier poli, & devenue bleue, qui glissoit sur une feuille de laiton fort mince & fort unie, & qui faisoit le tour du cadran, sans qu'on apperçût ce qui la faisoit mouvoir ainsi ; elle suivoit un aimant qui tournoit derriere, & dont elle n'étoit séparée que par la feuille même de cuivre poli, sur laquelle on la voyoit glisser vis-à-vis des heures. On peut juger, par ce petit artifice, de tous ceux qu'on peut imaginer dans ce

genre ». Par exemple, on peut faire flotter un cygne d'émail, creux, (qui ait dans son bec un fil de fer poli, plié en plusieurs sens, comme une petite anguille), dans une cuvette pleine d'eau. Lorsqu'on présente l'aimant par l'un de ses poles, près de la tête du cygne, le fer qui est dans son bec obéit à cette attraction, & entraîne avec lui toute la figure que l'on fait aller d'un côté ou d'un autre, comme on le juge à propos. Si le fer qui est dans la tête du cygne est aimanté, on pourra faire avancer ou faire écarter la figure selon qu'on lui présentera un des poles de l'aimant ou l'autre. En faisant mouvoir un aimant au dessous de la cuvette, & cachant son mouvement aux spectateurs, on fera aller & venir le cygne au commandement des assistans, ce qui surprendra beaucoup ceux qui ne connoissent pas les propriétés de l'aimant.

Le fer n'est pas la seule matiere que l'aimant attire, On sait que l'émeril, la pierre de grenade, certains sables, &c. obéissent à son action, Suivant le procédé & le choix

des fondans, la platine eſt ſenſible ou non ſenſible à l'approche du barreau aimanté ; moins elle eſt malléable après la fuſion, plus elle eſt magnétique ; enſorte que ſon magnétiſme paroît dépendre de l'arrangement de ſes parties. Pluſieurs corps obéiſſent à l'action de l'aimant, après les avoir ſeulement fait rougir, d'autres en les faiſant rougir, & les incorporant en même temps avec d'autres ſubſtances. Mais cela peut venir de ce que les parties de ces corps ſont unies avec des particules de fer, ou bien, peut-être, de ce qu'un grand nombre de parties de certains corps ſe changent en fer par l'action du feu ; certains aimans ſautent dans le feu, parce que l'huile ſubtile & élaſtique qu'ils renferment, produit un effet ſemblable à la poudre à canon.

La vertu magnétique n'eſt point conſtante, elle eſt plus forte un jour que l'autre ; & en général il paroît que le magnétiſme ſe fait ſentir plus vigoureuſement l'hiver lorſqu'il regne un vent du nord, que dans toute autre ſaiſon, & par un temps plu-

vieux. Le feu l'altere, & on la communique au fer en le frottant, en le forgeant, en le battant. Lorsqu'on frotte du fer sur l'aimant, le fer acquiert la vertu magnétique, & l'aimant, dit-on, la perd. Cela ne paroît pas fondé ; car Mussenbroek ayant fait ces expériences, les aimans n'ont rien perdu de leur vertu. En limant & battant le fer, on produit une certaine vertu ; mais les coups de marteau diminuent considérablement les forces de l'aimant, qui perd sa vertu lorsqu'il est réduit en poudre.

Prenez plusieurs lames de fer, dont chacune ait environ une ligne & demie d'épaisseur, cinq ou six de largeur, & un pied de longueur : les bouts de fleuret sont très-bons pour cet usage, aussi-bien que cette espece d'acier que les ouvriers apellent *étoffe*, qui réussit même mieux que le fer pur. Touchez toutes ces lames l'une après l'autre à un fort aimant bien armé, ayant soin de faire glisser chaque face d'un bout à l'autre, & dans le même sens, sur la masse *N* de l'armure (*fig.* 54) ;

car la vertu magnétique communiquée seroit moindre si on la faisoit glisser en même temps sur les deux pieds *N* & *S*, parce que leurs forces contraires se détruisent en partie. On réunit ensuite toutes ces lames aimantées, en mettant du même côté toutes les extrêmités que l'aimant a touchées les dernieres; & l'on serre ce faisceau avec des ligatures de cuivre, comme on le voit (*fig.* 55). Mais on doit éviter de donner aucun coup de marteau, aucune secousse rude à ces pieces, soit avant, soit après les avoir assemblées. Cet aimant artificiel a deux poles *m*, *ſ*; de maniere que si l'on met flotter dans une cuvette un aimant naturel, qu'on peut placer sur une gondole de cuivre (*fig.* 56), le pole *m* de l'aimant artificiel attirera la pierre flottante, lorsqu'on le présentera vers *S*, & la repoussera si on le tourne vers *M*. Il se charge de limaille ou de clous par l'un ou l'autre bout; & il communique la vertu magnétique autant, & mieux en proportion qu'un bon aimant naturel armé. On peut même augmen-

ter de beaucoup ſa force, en attachant à ſes extrêmités deux armures ſemblables à celles qu'on met aux pierres d'aimant : voyez la *figure* 57. On fait auſſi des aimans artificiels d'un ſeul barreau tourné en forme de fer à cheval, comme le repréſente la *figure* 58. Ils ont cet avantage que les deux poles communiquent enſembe par un *portant* de fer doux, auquel on ſuſpend le poids qu'on veut faire porter. Mais on doit bien remarquer que ce ne ſont pas les aimans capables de ſoutenir un plus grand poids qui touchent le plus puiſſamment; on en voit qui portent beaucoup, & qui communiquent peu de vertu. On appelle *aimans vigoureux* ceux qui jouiſſent d'une grande puiſſance attractive & répulſive; & on donne le nom de *généreux* à ceux qui ſont les plus forts. Quant à la communication, il n'eſt pas toujours néceſſaire de toucher; on aimante ſouvent le fer en l'approchant d'un aimant bien généreux; mais on doit obſerver qu'un aimant artificiel n'a pas une force proportionnée au nombre de lames dont il eſt compoſé, c'eſt-

à-dire, que si chaque lame séparée des autres est capable de soutenir 3 onces, 10 lames semblables, lorsqu'elles sont réunies, ne portent point 30 onces. A l'égard des aiguilles de boussole, on les fait d'acier, afin qu'elles soient plus légeres, & qu'elles gardent plus long-temps la vertu magnétique qu'on leur communique. On doit toucher ces aiguilles plutôt avec un aimant artificiel qu'avec une pierre armée : l'Abbé Nollet pense que cet avantage vient de la grande distance qu'il y a d'un pole à l'autre.

Si l'on place sur un pivot (*fig.* 59), une aiguille de boussole bien aimantée, ayant soin qu'il n'y ait ni fer, ni aimant à 3 ou 4 pieds de distance aux environs, on remarquera aisément que l'aiguille dirige l'un de ses poles vers le nord, & l'autre du côté du midi : le cercle dans le plan duquel se trouve l'aiguille aimantée, lorsqu'elle est tranquille, s'appelle un *méridien magnétique ;* & si l'on dérange la situation de l'aiguille, elle affecte de la reprendre, & la reprend en effet après avoir fait quelques oscillations. C'est par cette propriété

qu'elle fait connoître aux Navigateurs le nord & le midi, & les met en état de suivre leur route qu'ils peuvent facilement connoître en pleine mer, parce qu'elle fait un angle déterminé avec la ligne nord & sud. Plusieurs Auteurs font honneur aux François de l'invention de la boussole; ce qu'il y a de certain, c'est que nos pilotes en faisoient usage au XII[e] siecle, & qu'à toutes les rosettes de boussoles de différentes Nations, le nord est toujours marqué par une fleur-de-lys (1). La direction de l'aiguille aimantée n'est

(1) Le *compas de mer* ou la boussole, est un instrument composé de trois parties principales; savoir, la *rosette*, la *suspension* & la *boîte* qui contient le tout. La rose ou rosette est ordinairement un carton fin ou une feuille de talc, circulaire, couverte de papier, dont la circonférence est divisée en 360 degrés, (comme le fait voir la figure 60): une lame d'acier aimantée de 8 à 10 pouces de longueur, passe par le diametre de la rosette, & lui est fixée dessus ou dessous; au milieu de cette lame ou aiguille, & au centre de la rosette, est une espece de chape ou capelle, c'est-à-dire un petit cone creux d'agate, ou de métal, dans lequel est reçu le pivot sur lequel la rose doit tourner.

pas toujours la même dans un même lieu : elle se dirigeoit au vrai nord à Paris en 1666 : elle a depuis ce temps-là décliné vers l'ouest ; de sorte qu'en 1763 sa déclinaison

---

Quant à la suspension, on la fait ordinairement de la maniere suivante : un hémisphere creux de cuivre est suspendu & mobile dans une zone circulaire de même métal par deux petits tourillons diamétralement opposés *B*, *B* (*fig.* 61), tandis que cette zone se meut elle-même sur deux tourillons semblables, dont l'alignement *A A* coupe à angles droits celui des deux premiers.

La boîte qui renferme le tout (*fig.* 62) est faite de bois, & reçoit, dans deux entailles pratiquées au bord de ses deux côtés opposés *C*, *C*, les tourillons *A*, *A* ; on fixe dans le fond de la cuvette hémisphérique, qui est lestée avec du plomb, un pivot qui porte la rosette à la hauteur des bords de ce vase, où sont placées deux pinules *D*, *D*.

On concevra aisément, qu'au moyen d'une telle suspension, la rosette peut s'entretenir dans une situation horizontale, de quelque côté que le mouvement du vaisseau fasse pancher la boîte ; & que, tandis qu'on bornoie un objet par les pinules, la rosette qui tourne librement sur son pivot, obéissant à l'aiguille aimantée à laquelle elle tient, montre par le nombre de degrés interceptés entre la pinule la plus éloignée de l'œil, & l'endroit où l'aiguille se fixe,

étoit d'environ 18 degrés & demi : cette déclinaison, pour Paris, étoit en 1773, de 20 degrés, & depuis 2 ans elle paroissoit constante ; mais

---

à quel point de l'horizon répond l'objet qu'on observe. Et si la ligne qui passe par les pinules est parallele à la quille du vaisseau, on voit par le même moyen si la route du vaisseau se maintient dans la direction qu'on veut qu'elle ait.

La rose est divisée en 32 parties égales par des rayons qui représentent les *rumbs* ou *airs de vent*. Le *nord* est désigné par une fleur-de-lys qui doit répondre sur l'extrêmité de l'aiguille : une autre ligne est perpendiculaire à la ligne nord & sud ; elle indique d'un côté l'*orient* ou le *levant*, & de l'autre l'*occident* ou le *couchant* : on lui donne dans la marine le nom de *ligne est & ouest* ; on nomme *est* l'orient, l'occident s'appelle *ouest*. Ces quatre directions, *nord*, *sud*, *est* & *ouest*, qui partagent la boussole, & même l'horizon en quatre parties égales, sont regardées comme principales ; on les nomme les *vents cardinaux*, & ils communiquent leurs noms à tous les autres. Ainsi l'air de vent qui est exactement au milieu, entre le nord & l'est, se nomme *nord-est* ; le *sud-est* est placé entre le sud & l'est ; le *sud-ouest* entre le sud & l'ouest ; le *nord-ouest* entre l'ouest & le nord : de cette maniere, l'horizon se trouve divisé en 8 parties égales, qui sont chacune de 45 degrés ; on les partage de nouveau par la moitié, & l'on don-

au mois d'Août 1776, elle étoit de 20 degrés 30 minutes, selon les observations de M. le Monier. Elle est différente dans d'autres

---

ne aux rumbs ou airs de vent moyens, le nom des deux autres entre lesquels ils se trouvent, en employant toujours ceux des quatre cardinaux les premiers : c'est pourquoi l'on a le *nord-nord-est*, l'*est-nord-est*, l'*est-sud-est*, le *sud-sud-est*, le *sud-sud-ouest*, l'*ouest-sud-ouest*, *l'ouest-nord-ouest*, le *nord-nord-ouest*. Cela fait, la boussole se trouve divisée en 16 parties, qui sont chacune de 22 degrés 30 minutes : on divise chacune de ces parties par le milieu, & l'on a de nouveaux rumbs de vent; mais on suit, en les nommant, une méthode différente de la premiere. L'air de vent qui est entre le nord & le nord-nord-est, se nomme *nord quart de nord-est*, non parce qu'il est auprès du nord, mais parce qu'il marque le quart de la distance du nord au nord-est. Cet air de vent est presque le nord; mais il avance d'un quart vers le nord-est. On a de l'autre côté du nord, le *nord quart de nord-ouest*, c'est-à-dire le nord qui avance d'un quart vers le nord-ouest : on forme le nom de tous les autres quarts de la même maniere. La figure 63 représente tous les rumbs marqués par leurs lettres initiales, comme on le fait ordinairement dans la marine : au lieu de nord quart de nord-est, on écrit $N \frac{1}{4} N E$, & ainsi des autres. Le nord, le sud, l'est & l'ouest sont indiqués respectivement par les lettres *N*, *S*, *E*, *O*.

lieux, comme on peut le conclure par la Carte qu'on trouve à la fin de ce Volume (1).

Il ſemble, dit un Phyſicien moderne, que la déclinaiſon moyenne

---

(1) La Carte de M. Halley eſt trop fameuſe, pour que nous la paſſions ſous ſilence. Ce célebre Aſtronome traça une ligne courbe qui paſſoit par tous les lieux de l'océan, où la bouſſole marquoit exactement le nord en 1700. Il lia également par une ligne courbe tous les points de la mer où la variation étoit nord-eſt de 5 degrés ; il traça d'autres courbes pour 10 degrés, pour 15 degrés, &c. : il fit la même choſe pour les variations nord-oueſt. Ces lignes courbes, quoiqu'irrégulieres, gardent cependant entr'elles un certain ordre : la ligne qui paſſe par tous les lieux de la mer, où la fleur-de lys de la bouſſole marque exactement le nord, eſt comme au milieu de toutes les autres ; ſi l'on s'en écarte un peu du côté de l'orient, la variation de la bouſſole devient *N O*, & elle devient de plus grande en plus grande, à moins qu'on ne s'approche trop de quelqu'autre branche de la même ligne courbe : ſi l'on avance au contraire vers l'occident, la variation devient *N E*. On s'eſt apperçu qu'en général l'aſſemblage des courbes de M. Halley s'avançoit vers l'occident & vers le ſud, & qu'outre cela, chaque ligne ſouffroit auſſi en particulier quelque changement dans ſes inflexions. MM. Doſdon & Montaine ont entrepris de faire

va en augmentant de 9 à 10 minutes par chaque année à Paris & assez loin aux environs (1). Suivant des observations qu'on trouve dans les

---

pour 1744, & ensuite pour 1756, ce que M. Halley avoit fait pour 1700; & comme ils avoient un plus grand nombre d'observations, ils se sont trouvés en état de tracer les lignes magnétiques autour de la terre, ce que n'avoit pu faire M. Halley. Nous avons représenté dans la (*fig.* 72. *B*, planche derniere de ce Volume,) les courbes des variations pour 1744; mais en se fondant sur les observations, on a fait quelques légers changemens qu'on a cru nécessaires. On voit dans cette même carte la direction des vents généraux qui est indiquée par des fleches, c'est-à-dire que le vent va du côté indiqué par la pointe de la fleche.

(1) Quelquefois la déclinaison de l'aiguille varie de plusieurs minutes dans peu d'heures. Mussenbroek observa cette variation de 5 minutes le 8 Mars 1728; Graham la trouva le 8 Mars 1722 d'environ 30 minutes dans une aiguille, & de 20 minutes dans une autre aiguille, dans 12 heures. Des Savans prétendent que l'aiguille magnétique a une période de 1542 ans, son moyen mouvement étant d'environ 14 minutes par année; mais ce mouvement est trop inégal. Par les observations faites à Paris, l'aiguille aimantée parcourut 8 degrés de l'est au nord, depuis l'an 1610 jusqu'en 1666; & delà jusqu'en

Transactions Philosophiques de 1759, il paroît que l'aiguille aimantée est encore sujette à une variation journaliere qui la fait décliner le matin vers le couchant de 7 à 8 minutes, & le soir d'autant en sens contraire, à compter du point de sa déclinai-

---

1722, c'est-à-dire dans le même espace de temps, elle parcourut 13 degrés du nord à l'ouest. Mussenbroek pense que la force magnétique qui dirige l'aiguille, est à celle de la gravité comme 1 à 1103. Scherffer, en se servant d'une aiguille de 6 pouces de longueur, l'a trouvée dans le rapport de 1 à 1225; mais il remarque qu'en se servant de la même aiguille dans un autre temps, ou bien en faisant usage d'une autre aiguille différente, on trouve un résultat différent. A l'égard de la force inclinante, Mussenbroek a trouvé aussi que, quand les oscillations se font dans le plan du méridien magnétique, la force qui incline l'aiguille, est à sa pesanteur comme 1 est à 295; & Scherffer l'a trouvée bien différente; car, par une certaine méthode, il l'a trouvée dans le rapport de 1 à 60; & par une autre méthode, de 1 à 46; ensorte qu'on ne peut rien conclure de toutes ces méthodes. D'autre côté, l'intensité de la force inclinatoire & de la force déclinatoire reste-t-elle toujours la même, & ne varie-t-elle pas en différens temps, & en différens lieux?

ſon ordinaire. Ce n'eſt pas tout, dans l'hémiſphere ſeptentrional de la terre, lorſqu'on prépare des aiguilles de bouſſoles, & qu'on les a miſes en équilibre ſur leurs pivots : dès qu'on les a aimantées, & qu'on les remet en place, le bout qui ſe dirige vers le nord, s'incline vers l'horizon comme s'il étoit devenu plus peſant que l'autre, & l'on eſt obligé d'en couper une petite portion pour rétablir l'équilibre. On prétend même que cette inclinaiſon augmente, mais dans un rapport inconnu, dans les pays plus ſeptentrionaux ; & il y a des lieux où les Navigateurs ſont obligés de charger la partie méridionale de la roſe avec de la cire, afin de tenir en équilibre l'aiguille qui eſt attachée à cette roſe : il y a apparence que l'inclinaiſon eſt nulle à l'équateur, & qu'elle ſe fait en ſens contraire dans les pays ſitués au-delà de la ligne. On prétend que les effets de l'aimant ſont plus ſenſibles par le chaud que par le froid, & plus en allant vers l'Amérique qu'en allant au Cap du nord : quelqu'un a même ajouté que les phénomenes de l'ai-

mant ſont plus marqués le jour que la nuit, & cela proportionnellement au degré de chaleur qui eſt moindre la nuit que le jour.

Poſez un aimant ſur un carton liſſe ou ſur un carreau de verre bien eſſuyé, de maniere que ſon *axe*, c'eſt-à-dire la ligne qui joint ſes poles, ſoit parallele au plan ſur lequel il eſt placé. Tamiſez avec un poudrier d'écritoire, & d'un peu haut, de la limaille de fer, & frappez quelques coups avec la main ſur la table où le carton eſt ſitué; la limaille s'arrangera en demi-cercles, ou en demi-ovales qui aboutiront de part & d'autre aux deux poles de l'aimant (*fig.* 64). Les Phyſiciens qui admettent l'exiſtence d'une matiere magnétique, prétendent que la limaille ne s'arrange ainſi, que parce que chacune de ſes parties eſt enfilée par ce fluide ſubtil qui vient, ſi on les en croit, d'un pole d'un aimant pour entrer par l'autre, en formant une eſpece de tourbillon. Mais ſi les choſes ſont ainſi, ſi la matiere magnétique ſort par le pole nord d'un aimant pour rentrer par le pole ſud, de la maniere que

l'assurent ces Physiciens, il paroit que le pole septentrional d'un aimant devroit repousser & non attirer le pole austral d'un autre aimant, ce qui est contre l'observation. Descartes & plusieurs autres Philosophes ont pensé qu'il y a une espece de tourbillon magnétique qui, circulant d'un pole de notre globe à l'autre, donne aux aiguilles aimantées la direction qu'elles affectent vers le nord; mais alors, en plaçant une aiguille de maniere que sa longueur soit perpendiculaire au *méridien magnétique*, ou à la ligne dans laquelle les poles des aimans se placent lorsque rien ne les retient, cette aiguille devroit rester immobile. D'ailleurs, pourquoi le tourbillon magnétique ne dirigeroit-il pas une aiguille de cuivre ou d'argent comme celle de fer ou d'acier? Dira-t-on que tous les corps, excepté l'aimant & le fer, sont perméables au fluide magnétique qui les traverse, sans y trouver aucune résistance sensible? Dans ce cas, on ne voit pas pourquoi la limaille de fer s'arrange autour d'un aimant (*fig.* 64), de la maniere qu'on vient de le voir.

On ſait encore que le méridien magnétique ne fait pas toujours le même angle avec le vrai méridien, & que l'aiguille aimantée décline plus ou moins dans des lieux différens; de maniere qu'en admettant dans le tourbillon magnétique des poles, différens même de ceux de notre globe, on ne ſauroit donner une raiſon plauſible de ce phénomene. L'inclinaiſon de l'aiguille aimantée s'expliqueroit plus facilement, en diſant que l'émanation du fluide magnétique, auſſi-bien que ſa rentrée dans la terre, occupent une très-grande partie de chaque hémiſphere; enſorte que ſon courant eſt preſque toujours incliné juſques aux environs de l'équateur, ce qui produit l'inclinaiſon des aiguilles des bouſſoles, comme le repréſente la (*fig.* 64). Bien plus, il ſemble même qu'on doit ſuppoſer que la matiere magnétique a une direction perpendiculaire à la ſurface de la terre, en quelque lieu que ce ſoit; ſans cette hypotheſe, on ne pourra rendre raiſon du fait ſuivant. Placez une aiguille aimantée, très-mobile ſur ſon pivot, à une hauteur commode: prenez en-

ſuite une verge de fer quarrée ou ronde de 2 ou 3 pieds de longueur, & d'environ 8 lignes de diametre : tenez-la dans une ſituation perpendiculaire à l'horizon ou à peu près : préſentez d'abord le bout inférieur, & enſuite l'extrêmité d'en haut : vous remarquerez aſſez conſtamment que le bout le plus élevé repouſſe, & que le bout le plus abaiſſé attire la partie de l'aiguille qui ſe dirige au nord ; mais chacun des bouts de la verge de fer a des effets tout différens s'il eſt préſenté à la partie de l'aiguille qui ſe dirige vers le ſud ; & ce phénomene a lieu, quoique la verge ne ſoit qu'inclinée ſans être verticale. Si l'attraction & la répulſion magnétiques ſont produites par un tourbillon de matiere qui enfile le fer, & qui, dans cette expérience, lui communique les propriétés de l'aimant à cauſe de la poſition de la tringle ; il eſt néceſſaire que cette matiere agiſſe dans une direction perpendiculaire à l'horizon, & qu'elle ait un mouvement vertical. Mais dira-t-on alors que la matiere ſort de la terre en ſuivant des directions

opposées ? Dans ce cas, l'aiguille poussée vers le centre du globe par la matiere affluente, & repoussée par la matiere effluente, devroit rester en repos : quoi qu'il en soit, la vertu magnétique dépend de la disposition & de l'arrangement des parties. Une pierre d'aimant perd quelquefois une grande partie de sa vertu en tombant par terre, en se heurtant rudement, ou quand on l'expose à une chaleur violente : l'affoiblissement paroît dans ce cas ne dépendre que de la nouvelle disposition, du nouvel arrangement que le choc ou le feu a fait prendre aux parties. Voici deux expériences qui confirment cette conjecture : prenez un fil de fer d'environ 3 lignes de diametre & de 15 pouces de longueur ; pincez le dans un gros étau de Serrurier, pour le plier & replier plusieurs fois, & en sens contraires d'un bout à l'autre, & enfin le casser à l'endroit où l'on finit cette opération. Si vous présentez le bout où le fil a été rompu, à la limaille de fer, il l'attire comme feroit une lame de couteau foiblement aimantée : tenez d'une main, dans une posi-

tion verticale, une verge d'environ 15 pouces de longueur, & de 8 lignes de diametre : frappez dessus, d'un bout à l'autre, légerement avec un marteau de fer, & attendez que le frémissement des parties soit cessé. Si vous placez ensuite cette verge dans une situation horizontale, & que vous présentiez à une aiguille aimantée le bout qui étoit le plus élevé quand vous avez donné les coups de marteau, je désignerai ce bout par *A*, vous attirerez la partie de l'aiguille qui se dirige vers le nord : le bout opposé que j'appellerai *B*, fera un effet tout contraire. Si vous recommencez l'expérience, en tenant en haut le bout *B* pendant que vous frapperez la verge, ce bout attirera ensuite la partie de l'aiguille qu'il repoussoit auparavant. Un aimant foible peut aussi devenir plus fort si, après l'avoir fait rougir au feu, on le place sur le pole boréal d'un aimant vigoureux, & qu'on le laisse refroidir dans cette situation : dans ce cas, la partie qui touche le pole septentrional de l'autre aimant, devient le pole austral.

Peut-on penser, avec quelques Philosophes, que les pores de l'aimant & du fer sont tortueux, & que les corpuscules magnétiques ont une figure analogue qui leur permet de les enfiler? Si cela étoit, le fluide magnétique pourroit-il agir à travers toute sorte de corps fluides & solides? Ne pourroit-on pas troubler son action par la flamme & le feu? Un vent violent naturel ou artificiel, ne disperseroit-il pas la vertu magnétique? Bien plus, l'existence de cette matiere magnétique n'est nullement prouvée. S'il sort d'un côté de l'aimant quelques écoulemens qui rentrent par le côté opposé, la répulsion & l'attraction devroient toujours être égales : les deux poles amis de deux aimans, devroient s'attirer avec la même force que les deux autres poles des mêmes aimans; deux poles ennemis devroient aussi se repousser avec la même violence que les deux autres poles des mêmes aimans, ce qui n'est pas, & la matiere magnétique devroit rentrer dans un aimant avec la même vîtesse qu'elle en est sortie; car, si cette matiere rentre avec moins de vitesse,

vîteſſe, elle doit peu à peu perdre ſon mouvement, reſter dans l'aimant & le remplir. Muſſenbroek a vu une pierre d'aimant de figure cubique, dont chaque face attiroit le fer avec beaucoup de force, mais ne donnoit preſque aucun indice de vertu répulſive. Comment pouvoit-il ſe faire que les écoulemens magnétiques ſe portaſſent de tous côtés vers cet aimant, ſans en ſortir de même? Comment la vertu attractive pouvoit-elle l'emporter ſur la répulſive? M. Dufay penſoit que les pores du fer ſont des petits canaux revêtus intérieurement de filamens très-déliés, & très-mobiles ſur celle de leurs extrêmités qui eſt adhérente; de maniere qu'au moindre choc, ces poils ſe renverſent & ſe couchent à peu près comme le fait voir la (*fig.* 65). « Cette diſpoſition rend les pores d'un accès facile par un côté ſeulement; & quand la matiere magnétique ſe préſente par la partie oppoſée, elle ne peut y paſſer, à moins qu'elle ne ſoit aſſez abondante & aſſez forte pour retourner les petits poils métalliques qui lui préſentent leurs pointes : voilà pour-

quoi, disoit-il, une verge de fer secouée perpendiculairement, devient un aimant dont le pole d'entrée est en haut, & le pole de sortie en bas; & quand une pierre d'aimant communique sa vertu à une aiguille ou à un couteau, c'est que le torrent de matiere magnétique qui en sort, couche d'un même côté tous les poils dont les pores sont revêtus, & met cette lame en état d'être continuellement pénétrée comme une pierre d'aimant, par la circulation d'une semblable matiere ». Mais quand on voudroit admettre dans un fer aimanté cet arrangement des parties propre à laisser circuler le fluide magnétique, il resteroit encore une grande difficulté à résoudre; car on ne voit pas par quelle cause seroit produite & entretenue cette circulation du fluide magnétique. Il n'est pas plus aisé d'expliquer dans cette hypothese pourquoi des morceaux de fer acquierent souvent la vertu magnétique en se rouillant, ainsi que l'ont remarqué Mussenbroek, de Lahire, & plusieurs autres Physiciens; pourquoi dans nos climats le pole

boréal eſt le plus ſouvent le plus fort : pourquoi un aimant qui ne porte actuellement aucun poids, agit à une plus grande diſtance que quand il eſt chargé : pourquoi l'aimant agit ſur des briques dures & fort rouges; ſur la pouſſiere noire qui reſte après la diſtillation de l'huile de térébenthine; ſur une eſpece de pierre calcinée que les Anglois appellent *loughneagh*; ſur une pouſſiere noire qu'on apporte de la Virginie, qui ne contracte jamais de la rouille, & ne fait aucune efferveſcence avec l'eau-forte; ſur la limaille de zinc, & ſur pluſieurs autres corps dans leſquels il n'y a point du tout, ou du moins très-peu de fer. Il ſemble auſſi que dans ce ſyſtême un aimant ne devroit avoir que deux poles; cependant Muſſenbroek fait mention de pluſieurs pierres qui avoient un plus grand nombre de poles. Un aimant ſphérique (*fig.* 66), avoit quatre poles, deux *A* & *a* méridionaux, deux *B* & *b* ſeptentrionaux. Un autre aimant (*fig.* 67), avoit deux poles ſeptentrionaux *B* & *B*, deux méridionaux *A* & *A*. Si on coupe par le milieu

un aimant ſphérique, par exemple, (*fig.* 68), dont les poles ſont *A* & *B*, de maniere que la ſection ſoit perpendiculaire à ſon axe, on obtient deux aimans : le pole auſtral de l'un eſt déſigné par *A*, ſon pole boréal par *b*; le pole auſtral de l'autre eſt ſitué en *a*, & ſon pole ſeptentrional en *B*. Si on coupe cet aimant dans la direction de ſon axe (*fig.* 69), chaque hémiſphere acquiert un axe particulier *a b*.

M. de Réamur penſoit que le fer renferme une quantité prodigieuſe de petits tourbillons magnétiques. Les ſecouſſes, les plis & les replis qu'on fait au fer, qu'il conſidere comme un aimant imparfait, dégagent, ſelon lui, la matiere magnétique, & l'aident à prendre un cours réglé d'un bout à l'autre d'une lame ou d'une barre de fer : un torrent de matiere bien puiſſant, tel qu'il ſe trouve au pole d'un aimant naturel, produit un effet ſemblable. On peut facilement expliquer dans cette hypotheſe, comme dans celle de M. Dufay, pourquoi les tiges de la croix du clocher d'Aix, & de celle du clocher de Chartres ſe

ſont trouvées aimantées après avoir été deſcendues. Il ſuffit de dire que les ſecouſſes de la matiere magnétique ont produit, à force de temps, l'effet d'une pierre d'aimant ſur laquelle on les auroit frottées. Les outils d'acier, dont les ouvriers ſe ſervent pour percer & couper le fer à froid, comme les ciſelets, les forets, &c. enlevent la limaille de fer par leurs pointes ou tranchans. Les pincettes & les pêles que l'on a coutume de tenir de bout, & que l'on met preſque toujours dans cette ſituation, donnent ſouvent des ſignes de magnétiſme; & l'on aſſure que la foudre a fait perdre à des aiguilles de bouſſoles la vertu magnétique, comme elle l'a quelquefois communiquée au fer. M. de Réaumur, penſant qu'un morceau de fer eſt toujours environné d'une athmoſphere magnétique proportionnée à ſa groſſeur, a ſoupçonné que la vertu magnétique qu'acquierent les outils tranchans, leur vient plutôt en coupant du fer, qu'en coupant une autre matiere, fût elle auſſi dure.

M. Halley croyoit que la terre eſt

une croute qui enveloppe un gros aimant, qui en eſt comme le noyau: cet aimant, dans ſon ſyſtême, a une révolution particuliere ſur lui-même, par laquelle ſes poles s'éloignent peu à peu de ceux de notre gobe; c'eſt pour cette raiſon, ſelon lui, que les petits aimans & les aiguilles de bouſſoles, déclinent de plus en plus du nord à l'oueſt, parce que la force qui les dirige, a deux termes qui changent continuellement de poſition. Mais il admettoit encore deux poles magnétiques, placés dans la croute ſolide qui recouvre le noyau; de maniere que, ſelon ce Savant célebre, il y a deux poles magnétiques ſeptentrionaux, & deux méridionaux; & les aiguilles obéiſſent à l'action de ces poles, dont la force n'eſt pas la même, ſelon qu'elles ſe trouvent dans un lieu plutôt que dans un autre; leur direction dépendant de la combinaiſon des forces inégales de ces poles dans le lieu où ſe trouvent les aiguilles. Comme les poles du noyau ont un mouvement de converſion qui, ſelon Halley, s'acheve en 700 ans, ils ne ſont pas toujours également éloi-

gnés des autres poles magnétiques correſpondans, ce qui fait varier la déclinaiſon des aiguilles aimantées, qui par conſéquent reviendront à la ſituation qu'elles ont actuellement par toute la terre, dans l'eſpace de 700 ans. Halley place le pole magnétique le plus près de nous, aux environs du méridien qui paſſe par le Cap de Finiſterre, à 7 degrés du pole arctique de la terre : ce pole maîtriſe l'aiguille aimantée par toute l'Europe, la Tartarie & la Mer ſeptentrionale; cependant elle obéit auſſi à l'autre pole nord, que le même Savant place à environ 15 degrés du pole nord de la terre, dans le méridien qui paſſe par le milieu de la Californie : il étend ſa domination, ſi l'on peut parler ainſi, ſur les aiguilles qui ſe trouvent dans l'Amérique ſeptentrionale & les Mers voiſines, depuis les Açores juſqu'au Japon. L'un des poles méridionaux eſt placé à environ 16 degrés du pole auſtral de nôtre globe, dans un méridien éloigné d'environ 20 degrés vers l'occident, du détroit de Magellan, & de 95 degrés de Londres : l'aiguille aimantée obéit à ce

pole dans l'Amérique méridionale, la mer pacifique, & la plus grande partie de l'océan Ethiopien. Le quatrieme pole, dont la force est la plus considérable, & dont le pouvoir s'étend plus loin, est éloigné du pole austral de la terre d'environ 20 degrés; il est placé dans le méridien qui passe par la nouvelle Hollande, à 120 degrés de Londres du côté de l'orient : c'est ce pole qui domine sur l'aiguille aimantée dans l'Afrique méridionale, l'Arabie, la Mer rouge, la Perse, l'Inde, tout l'océan Indien, depuis le Cap de Bonne-Espérance, jusqu'à la Mer pacifique. De ces poles, le boréal Européen & l'austral Américain appartiennent au noyau, qui, n'ayant pas autant de vîtesse que la terre en a autour de son axe, paroît se mouvoir en sens opposé, c'est-à-dire d'orient en occident, relativement à la surface de notre globe, considérée comme en repos. Cette hypothese manque de preuves; & comme la variation de la déclinaison n'est pas uniforme, étant plus grande dans un temps, & dans un pays que dans un autre, il semble qu'on seroit obligé

de donner au noyau d'aimant un mouvement très-irrégulier pour ſatisfaire à ces variétés.

On a vu des Chymiſtes qui attribuoient les effets de l'aimant, & la direction de l'aiguille aimantée vers le nord, à l'influence des poles céleſtes; mais cette opinion, qui tire ſon origine de l'Aſtrologie Judiciaire, eſt trop abſurde, pour que nous perdions le temps à la réfuter.

En examinant avec un peu d'attention les différentes opinions que nous venons de rapporter, on ſe perſuadera aiſément qu'il eſt bien difficile d'expliquer, d'une maniere ſatisfaiſante, les phénomenes magnétiques par le moyen d'un fluide qui circuleroit d'un pole à l'autre. Et de bonne foi, peut-on penſer que l'Architecte de l'Univers a créé un tel fluide, preſqu'uniquement pour produire une certaine direction dans les aiguilles aimantées? car c'eſt-là le principal avantage, du moins connu de la vertu magnétique. Peut-on ſe perſuader auſſi que le grand Etre a établi pour le fer & pour l'aimant, des loix d'attraction & de répulſion différentes

de celles qui régiſſent les autres corps de l'Univers ? N'eſt-il pas plus ſimple & plus naturel d'expliquer les effets de l'aimant par les loix phyſiques, ſelon leſquelles les autres corps s'attirent ou ſe repouſſent ? On nous permettra donc de dire auſſi notre façon de penſer ſur une queſtion qui a tant exercé la ſagacité des Philoſophes anciens & modernes. Il nous paroît qu'on peut réduire les phénomenes de l'aimant à l'attraction de certaines ſubſtances entr'elles ; car l'inclinaiſon & la direction peuvent s'expliquer par la ſeule attraction, & l'on a obſervé que l'aiguille aimantée s'incline auprès des mines de fer. S'il y avoit vers les deux poles des grands aimans à quelques diſtances les uns des autres, des grandes quantités de fer, il eſt viſible que toutes les aiguilles aimantées ſe dirigeroient vers les poles ; mais avec quelque déviation vers les autres lieux de la terre, dans leſquels ſe trouveroient des maſſes de fer ou d'aimant, dont l'action ſeroit aſſez forte pour produire un effet ſenſible, & plus ou moins ſelon les diſtances ; & parce que les mines ſe

forment, s'alterent ou ſe détruiſent continuellement, il y aura des variations moins ou plus irrégulieres, ſelon que les changemens s'opéreront avec plus ou moins de régularité. Différens phénomenes font voir que la force attractive des aimans naturels ou artificiels dépend de la diſpoſition & de l'arrangement des parties : à l'égard des poles attractifs d'un côté & répulſifs de l'autre, on peut s'imaginer que cela ne vient que de ce que les forces attractives de l'un ſont plus grandes que celles de l'autre. Suppoſons un aimant *M N* ſuſpendu en *t* (*fig.* 70), ſi les forces attractives de la partie *M t* ſe réuniſſent en *C*, celles de la partie *m T* de l'autre aimant en *D*, & qu'on imagine, pour les raiſons que nous allons rapporter, que les forces *D* & les forces *C* conſpirent, tandis que les forces *P* de la partie *N t*, & les forces *F* de la partie *n T* de l'autre aimant agiſſent pour rapprocher les poles *N* & *n* ; ſi ces dernieres forces ſont plus grandes que les premieres, l'aimant ſuſpendu tournera autour du point *t*, les poles *N* & *n* s'approcheront, tandis que les

poles *M* & *m* paroîtront se fuir. La raison pour laquelle les forces qui tendent à unir les points *F* & *P* peuvent être plus grandes que celles qui agissent sur les points *D* & *C*, peut venir de la disposition, des distances & de l'arrangement des particules. On pourroit conjecturer qu'il y a une loi particuliere d'attraction qui s'étend à de grandes distances à l'égard du fer & de l'aimant, & des matieres dont les molécules ont un arrangement analogue à celui de ces substances. On pourroit encore admettre une espece de fluide particulier qui, par ses forces, agiroit sur des masses éloignées, quoiqu'un tel fluide ait échappé jusqu'ici aux yeux des plus habiles Physiciens; mais ce seroit des conjectures sur lesquelles on ne doit pas faire grand fond : en voici une autre qui ne manquera pas sans doute de produire des clameurs parmi les Cartésiens, & peut-être même parmi les Sectateurs du grand Newton.

Supposons que la courbe des forces physiques qui régissent & font mouvoir les corps de ce vaste Univers, soit représentée (par la figure 71), de

maniere que les ordonnées situées au dessous de l'axe *AP*, expriment les forces attractives des deux points de matiere situés à la distance *AP*, par exemple, tandis que les ordonnées situées au dessus de l'axe, désignent les forces répulsives qui tendent à éloigner les points de matiere les uns des autres. La courbe dont il est ici question, est composée de deux parties égales, situées l'une à la gauche, l'autre à la droite du point *A*; chacune de ces parties a une branche asymptotique qui répond à la ligne droite *A c*, que nous supposons infinie, & l'axe *A P* est coupé & recoupé en un très-grand nombre de points assez proches les uns des autres, jusqu'à une très-grande distance du point *A*; de maniere que, par les combinaisons de forces attractives & répulsives des points simples qui forment les molécules du premier ordre des différens corps de l'Univers, il en résulte une loi de forces attractives & répulsives entre ces molécules, qu'on peut exprimer par la courbe de forces physiques dont nous avons parlé ci-devant (Section III). Si l'on admet cette

hypothese, ce que nous avons dit sur les forces attractives & répulsives des points simples, devra s'appliquer aux molécules du premier ordre, qui sont composées de ces points. Rien n'empêche maintenant de supposer que, selon l'arrangement, l'ordre & la disposition des points qui composent les particules de certains corps, par exemple, de l'aimant & du fer, il en résulte une combinaison de forces qu'on peut représenter par la figure 72, composée des deux parties égales, situées l'une à la droite, l'autre à la gauche du point *A*. Considérons la partie de la droite. Comme l'arc *C M* est asymptotique, nous pouvons supposer que les ordonnées *a M* qui désignent les forces répulsives, croissent de maniere que deux molécules de matiere ne pourront jamais se toucher mathématiquement : à cet arc *M C* succede un arc attractif *C D t*, dans lequel les ordonnées représentent les forces attractives avec lesquelles les particules d'un aimant naturel ou artificiel, agissent sur les molécules de l'autre aimant, du fer, ou d'une autre substance, dont les parties ont

un arrangement analogue. Les ordonnées *P D*, *ſ F*, &c. ſont telles qu'il en peut réſulter les phénomenes qui ont rapport à la direction, & à l'inclinaiſon des aiguilles aimantées. Suppoſons que la force qui incline l'aiguille aimantée dans un point donné de la terre, ſoit exprimée par une ordonnée *ſ F*, qui ait un raport fini avec la peſanteur de l'aiguille, il eſt viſible qu'elle s'inclinera d'une certaine quantité vers l'horizon. Si l'ordonnée *ſ t* eſt ſuppoſée repréſenter la force déclinatoire qui éloigne du méridien la partie nord de l'aiguille, en la repouſſant vers l'oueſt, il eſt clair que ſi cette ordonnée *ſ t* a un rapport fini avec une ligne qui exprimeroit la peſanteur de l'aiguille, cette aiguille obéira à cette force, en déclinant plus ou moins vers l'oueſt.

Lorſque le feu, ou quelqu'autre cauſe, dérange la diſpoſition des parties inſenſibles d'un aimant, il peut perdre ſa vertu; parce que les forces qui maîtriſent ſes molécules, ne ſont plus les mêmes : par une raiſon contraire, les molécules du fer peuvent acquérir en ſe rouillant, ou par le

choc, & même par la ſituation qu'on donne à une tringle de fer, la ſituation & l'arrangement qui convient à la force magnétique. Il n'eſt pas plus difficile d'expliquer pourquoi l'aimant attire certains corps, dans leſquels on ne peut ſoupçonner que très-peu de fer, ſi néanmoins on peut dire qu'il y en ait; car l'aimant doit agir ſur tous les corps dont les particules inſenſibles ont une diſpoſition propre à recevoir ſon action; & rien n'empêche de dire qu'il y a des corps différens du fer & de l'aimant, dans leſquels cet arrangement de parties a lieu. Au reſte, nous ne propoſons cette explication que comme une conjecture : il ne nous en coûtera rien de renoncer à notre opinion, quand on nous fera voir que nous nous ſommes trompés, & qu'on nous en propoſera une meilleure (1).

---

(1) L'aimant eſt devenu fameux dans la Médecine. M. Deſcemet, en ſe ſervant d'un aimant en forme de fer à cheval, a fait des cures admirables.

Dans les douleurs de rhumatiſme, ſi la douleur eſt à la tête, l'aimant appliqué ſur

Si l'on coupe un aimant *A B* (*fig.* 49), dont le pole nord ſoit placé en *A*, & le pole méridional en *B*; ſi, dis-je, l'on coupe un tel aimant

---

le crâne la fait ceſſer; ſi elle eſt ſur les dents, l'aimant étant placé ſur les tempes les cornes en bas, la douleur diſparoît: l'on ſait que le clou aimanté calme les douleurs des dents carriées.

Une Demoiſelle âgée de 42 ans, & dans ſon temps critique, fut ſujette à des pertes très-fréquentes; lorſque les pertes furent finies, elle eut des fluxions ſur les dents qui ſe calmoient par l'application de l'aimant ſur les tempes, & qui revenoient lorſqu'elle avoit ôté l'aimant.

M. Deſcemet remarque qu'il faut ôter l'aimant lorſque la douleur eſt paſſée; ſi la douleur eſt à la hanche, on applique l'aimant au deſſous du genou, les cornes en haut ſur la tête du péroné. Si la douleur eſt à la jambe, il faut appliquer l'aimant ſur le tarſe, les cornes en arriere; ſi la douleur eſt dans le gros orteil, un aimant appliqué ſur la derniere phalange, les cornes en arriere, diſſipe la douleur. Si le rhumatiſme eſt à l'épaule, on place l'aimant ſur le condyle externe de l'os du bras; ſur le poignet, ſi elle eſt à l'avant-bras; ſur le metacarpe, ſi elle eſt au poignet; & ſur les dernieres phalanges, ſi elle a ſon ſiege dans le metacarpe, les cornes en haut.

Il arrive encore, ſuivant le même Ob-

en *C*, de maniere que la ſection ſoit perpendiculaire à la ligne qui joint les deux poles, le pole auſtral de la partie *AC* ſera, dit-on, placé en *C*, & le pole

---

ſervateur, que l'aimant appliqué aux extrêmités, produit dans la tête un embarras qui devient très-incommode, lorſque l'aimant reſte long-temps en place; mais on modere cet effet par un autre aimant moins fort que l'on met ſur la tête. L'aimant poſé ſur la tête a diſſipé des ſurdités ſpaſmodiques, des bourdonnemens d'oreille, des gonflemens de cou, & des mouvemens involontaires de la tête: placé ſur le front, à la racine des cheveux, il a fait ceſſer en moins de deux minutes une douleur très-vive avec élancement dans l'intérieur de l'orbite, après l'avoir beaucoup augmentée ſi-tôt après ſon application: on l'avoit d'abord mis vers la tête du ſourcil ſur le trou orbitaire ſupérieur; mais on a été obligé de l'ôter, parce qu'il a occaſionné une douleur qui a remonté ſur le front, & deſcendu dans l'orbite en même temps. Dans les palpitations de cœur, on applique l'aimant ſur la poitrine, les cornes en bas. On a éprouvé pluſieurs fois qu'avant que la palpitation ceſſât, on reſſentoit de l'embarras dans le cou & dans la tête; & lorſque la palpitation finiſſoit, une légere défaillance ſemblable à celle qui ſuccede à la fin des palpitations pour leſquelles on n'a pas employé l'aimant: on prévient cet embarras de la tête & du cou, en com-

ſeptentrional de la partie *C B* en *C*. Nous avons remarqué dans le Chapitre précédent, que ſi *A B* eſt une tourmaline, & qu'on la coupe en *C*, la partie

---

mençant à placer l'aimant ſur la tête pendant quelques momens, & en le deſcendant enſuite ſur la poitrine au niveau de la baſe du cœur. Les palpitations augmentent un peu, lorſque l'aimant eſt ſur la tête ; elles deviennent plus fréquentes quand on l'a deſcendu vers la baſe du cœur ; bientôt après le calme ſe rétablit, & les palpitations ceſſent. Une douleur aigue à l'extrêmité ſternale de la clavicule droite, a été diſſipée par l'application d'une croix aimantée ſur la partie douloureuſe : voici ce qu'a produit à ce ſujet la curioſité du malade : la douleur paſſée, il prit la croix de la main droite ; la douleur revint à la clavicule ; elle augmenta même à un tel degré, qu'elle fut bientôt inſupportable, & que les gouttes d'eau lui ruiſſeloient du viſage ; alors il prit la croix de la main gauche ; quelque temps après la douleur diminua & ceſſa entierement. Dans la difficulté de reſpirer & dans l'aſthme, l'aimant appliqué au creux de l'eſtomac ſoulage le malade ; dans les indigeſtions produites par érétiſme, l'aimant poſé ſur l'eſtomac, ſur le pilore, rétablit les fonctions de l'eſtomac. L'application de l'aimant occaſionne un relâchement qui jette cet organe dans l'atonie, & lui ôte la faculté de digérer, lorſqu'il reſte trop long-temps

AC acquerra une électricité positive en *A*, comme auparavant, & une électricité négative en *C*, tandis que l'électricité de la partie *CB* sera négative

---

en place ou qu'il est trop fort : alors on est obligé d'avoir recours aux stomachiques. M. Descemet a appris que plusieurs personnes à Paris faisoient infuser un morceau d'aimant naturel dans un bouillon pour calmer les douleurs d'estomac. Une femme attaquée de vapeurs hystériques, a été guérie par l'application d'un aimant portant une livre, appliqué sur le sommet de la tête : la matrice qui est desséchée dans ce cas, & dans laquelle il y a, pour ainsi dire, une fievre locale, ainsi que dans le vagin, se relâche & se rétablit dans son état naturel ; il est pourtant essentiel d'ôter l'aimant lorsque l'accident est passé, autrement l'influx qui se fait sur la matrice, pourroit y produire un engorgement inflammatoire, ou au moins une perte.

Une tumeur de la grosseur d'une noix, placée dans la région inférieure du bas ventre, & qui occasionnoit une douleur dans la cuisse & dans la jambe, jusqu'à la cheville du pied, a été entierement dissipée en une nuit par l'application d'un foible aimant.

On sait qu'il y a des aimans de différentes forces ; pour réussir dans l'usage de ce moyen, il faut proportionner les aimans au tempérament & à l'intensité de la douleur : l'aimant agit avec plus de force, & plutôt sur les

en *B*, (comme elle l'étoit quand la tourmaline étoit entiere), & positive en *C*. On dit que l'électricité s'excite dans la tourmaline par la seule cha-

---

tempéramens humides & pituiteux. L'on doit toujours commencer par appliquer des aimans foibles, & augmenter par degré, jusqu'à ce que l'on ait obtenu la guérison, en mettant un foible aimant sur la tete : l'expérience suivante démontre la nécessité de cette précaution.

Une personne se trouvant par hasard devant des barreaux aimantés qui étoient placés sur une table, au niveau de son diaphragme, ressentit, en s'approchant de l'extrêmité méridionale de ces barreaux orientés, un gonflement dans le cou qui fut suivi d'un embarras dans la tête, avec rougeur au visage, ses yeux devinrent étincelans : alors craignant un coup de sang, elle recula insensiblement jusqu'à la distance de 3 toises, & se retrouva dans son état naturel. Les palpitations auxquelles la malade étoit sujette, devinrent plus fortes & plus fréquentes pendant l'expérience qui a été répétée plusieurs fois de suite, & qui a produit les mêmes effets. La même personne a placé sur une table, à la hauteur de son diaphragme, une petite croix aimantée qui avoit 2 pouces de longueur dans sa plus longue branche : elle a éprouvé par l'extrêmité placée au nord, les mêmes effets que par celle du midi : elle a tourné quarrément autour de la table,

leur, & qu'elle eſt alors plus forte que ſi l'on l'excitoit par le frottement ; cependant elle ne produit ni étincelle, ni lumiere. On l'excite dans

---

à quelques pieds de diſtance : elle n'a rien éprouvé lorſqu'elle marchoit le long des côtés qui répondoient à l'eſt & à l'oueſt, mais ſeulement lorſqu'elle paſſoit devant le midi & le nord.

Peut-on attribuer ces phénomenes à l'action de l'aimant ſur les particules du fer qui paſſe dans le corps humain avec les alimens dont nous nous nourriſſons ? ou bien, peut-on penſer qu'il y a dans les humeurs, dans les nerfs & dans les muſcles de l'homme, des molécules analogues à celles de l'aimant, diſpoſées à obéir à ſon action, & propres à agir ſur le fluide nerveux, & la matiere électrique ? De quelque maniere qu'on veuille enviſager la choſe, je crois qu'il eſt facile, dans notre ſyſtême, de donner une explication plauſible de ces différens phénomenes. Un homme de 72 ans, ſujet à la goutte & aux hémorrhoïdes, eut une forte colere qui dérangea ſon œil droit, de façon qu'il voyoit double & triple les objets placés à une petite diſtance ; qu'il larmoyoit de temps en temps, & que toutes les fois qu'il touſſoit, il ſouffroit des douleurs plus ou moins vives ; l'œil gauche n'étoit nullement affecté : il faut remarquer que ce malade avoit eu dans ſa jeuneſſe un abcès à la mâchoire ſupérieure, à la place de la dent canine droite ; que cet abcès,

la tourmaline plongée dans l'eau, où elle opere; ce que ne fait ni le verre, ni le diamant, ni la cire d'Eſpagne. L'électricité d'un tube de verre voi-

---

dégénéré en fiſtule, avoit été guéri à la ſuite de l'extraction de la dent, & qu'il étoit reſté un larmoiement & une foibleſſe de vue à l'œil droit. M. Weber, ayant été conſulté ſur ce nouvel accident, fit appliquer, à l'angle gauche de l'œil affecté, le pole ſeptentrional d'un aimant artificiel : deux minutes après, le malade ſentit un froid conſidérable dans l'organe; & à la ſeconde application de l'aimant, ce froid étoit auſſi grand que ſi l'on eut introduit de la glace dans l'œil. Ce ſentiment de froid fit enſuite place à des douleurs lancinantes ; & au bout d'une demi-heure, lors d'une troiſieme application de l'aimant, le malade ſentit dans l'œil un mouvement comme celui du balancier d'une montre. On a enſuite remarqué de la mucoſité blanche, qui étoit ſortie de la glande lacrymale ; & une heure après, ayant eu de nouveau recours à l'aimant, le malade a eu une ſenſation conforme à l'apparition de ces météores, qu'on appelle des étoiles volantes. L'œil s'eſt enſuite clarifié ; en continuant l'uſage de l'aimant, le malade a eſſuyé dans l'œil, tantôt des ſerremens, tantôt des douleurs lancinantes & pulſatives, tantôt des démangaiſons, des mouvemens de balancier, &c. Quelquefois il a vu des étincelles ; le tout précédé de froid, & accom-

ſin, ajoute-t-on, ne l'altere nullement ; l'on prétend même que la tourmaline eſt attirée, mais non pas repouſſée par le verre électrique ; que

---

pagné de la même ſenſation, & d'une évacuation abondante de mucoſité par l'œil & la narine droite. Le pole méridional de l'aimant n'a pas agi avec la même efficacité, & aucun des poles n'a produit d'impreſſion ſur l'œil ſain. On ne peut point attribuer ces effets au froid, car d'autres corps froids appliqués à l'œil n'ont rien opéré ; l'air libre & ſerein a augmenté la ſenſation du froid ; & après le rétabliſſement de la ſanté de l'organe, l'aimant n'a plus excité aucune ſenſation. Un jeune homme de 18 ans a été guéri également par l'application de l'aimant, d'une inflammation aux yeux cauſée par le refroidiſſement, accompagnée de douleurs brûlantes, de tuméfaction des bords des paupieres, & d'un écoulement abondant de larmes âcres : toutes les fois qu'on a appliqué l'aimant aux yeux de ce garcon, la ſalive s'eſt formée en grande quantité ; & en l'appliquant à l'oreille, il a excité un bruit ſemblable à celui de l'eau bouillante, & des pétillemens reſſemblans aux exploſions électriques, ſenſibles même aux aſſiſtans : une grande quantité de cérumen endurci s'eſt enſuite détachée, après qu'on en a retiré l'aimant.

Il n'y a pas long-temps qu'un Voyageur Anglois, ſe trouvant à Vienne en Autriche,

deux

deux tourmalines s'attirent, mais ne se repoussent pas, & qu'un des côtés

envoya chez l'Abbé Hell, en le priant de lui prêter, pour quelques heures, un morceau de son meilleur aimant artificiel, dont il vouloit se servir pour appaiser une violente crampe d'estomac; on rapporta bientôt après l'aimant qui avoit produit l'effet desiré : l'Abbé Hell, voulant étendre l'usage de cette découverte, fit faire de son acier magnétique, toutes sortes d'anneaux, petits & grands, larges de deux ou trois doigts, & de l'épaisseur du fer-blanc; ensuite avec de la limaille d'acier commun, il chercha les deux poles de ces anneaux magnétiques. Un pauvre homme étoit violemment tourmenté de spasmes & de convulsions; depuis plusieurs années la Médecine l'avoit abandonné; lorsque M. Hell le vit, il lui appliqua quelques-uns de ses anneaux sur le col, le ventre, les cuisses, les bras & les pieds, en présence de deux Médecins : cet homme porta ces anneaux sur la peau nue, jour & nuit, ce qui, dit-on, le mit & l'entretint dans l'état d'une électrisation non interrompue, comme l'Abbé Hell crut le remarquer. Au bout de huit jours le malade se trouva parfaitement rétabli; & il s'est écoulé trois mois depuis, sans qu'il ait ressenti aucune attaque, quoiqu'il en eût auparavant journellement : nous ignorons s'il jouit maintenant d'une bonne santé. L'Abbé Hell guérit encore en présence des mêmes Docteurs, une vingtaine de malades, jeunes & vieux, riches & pauvres; il a même rendu l'usage des membres à des estropiés.

d'une tourmaline électrisée, placée sur un support de verre, a une électri-

M. le Docteur Mesmer, Médecin originaire de Souabe, a guéri dans plusieurs villes de l'Empire, divers genres de maladies, mal caduc, paralysie, maladies de nerfs, &c. par la force de l'aimant. A Munich, au milieu d'une assemblée de Médecins & de Chirurgiens, il a touché avec ses mains imprégnées de vertu magnétique plusieurs personnes attaquées d'épilepsie; & après quelques accès qu'il avoit prédits, elles n'en ont point éprouvé de nouveaux: S. A. Electorale a été témoin d'une de ces cures. A Hégau, dans le Richcneau, il a rendu la parole & l'usage de tous les membres à une fille en paralysie presque totale depuis nombre d'années: tels sont du moins les faits que l'on a publiés de toutes parts; & l'on a ajouté que ce Médecin étoit fort éloigné de donner à ses opérations le merveilleux qu'il lui seroit si facile d'y mettre; il montroit sa baguette, c'étoit un fer aimanté. (Extrait de l'Esprit des Journaux, Janvier 1776.)

Voici comme s'exprime M. de Harsu, dans une Lettre, dont on trouve l'extrait dans la Gazette de Santé, du 9 Mai 1776,

Je suis âgé de 46 ans, dit ce Médecin, perclus depuis 5 entierement des extrêmités inférieures, & sujet aux inconvéniens du défaut complet d'exercice, parmi lesquels le froid des pieds, jambes & cuisses m'étoient très-incommodes les hivers précédens,

cité positive, tandis que l'autre a une électricité négative. Mais nous avons

---

où j'étois obligé de réchauffer non seulement mes pieds, mais encore mes jambes par le chauffe-pied, en les faisant étendre dessus. Les effets de l'aimant, observés à Vienne, que je vis annoncés dans les Gazettes de Schafouse & de Littérature, me donnerent l'espérance de réchauffer ces parties par ce moyen: le froid me faisoit sentir ses effets dès la fin de Septembre dernier; j'y étois sensible au commencement d'Octobre, au point de me couvrir autant que dans le plus fort de l'hiver précédent, lorsque je m'appliquai des pieces d'acier aimantées sous les pieds & ailleurs, au nombre de 5. Il en est résulté que non seulement mes pieds, malgré l'hiver rigoureux, & mon *impotence*, n'ont point eu besoin de chauffe-pied, pas une seule fois; mais que mes jambes, cuisses & mon corps, ont été réchauffés à un point très-satisfaisant; les fonctions stomachales & intestinales sont devenues meilleures; je digere mieux, & n'ai plus besoin d'aloës, dont je ne pouvois me passer depuis 7 à 8 ans, pour aller du ventre. J'ai senti la goutte (qui est la premiere cause de mon impotence,) au pouce du pied droit pendant trois mois; ce qui ne m'étoit arrivé depuis 20 ans, que pendant 5 ou 6 jours à chaque fois. Enfin j'en ai éprouvé des effets avantageux jusques sur un principe âcre qui se déposoit sur mes mains avec beaucoup de prurit depuis 2 ans, & depuis plus de 20 sur mes avant-bras;

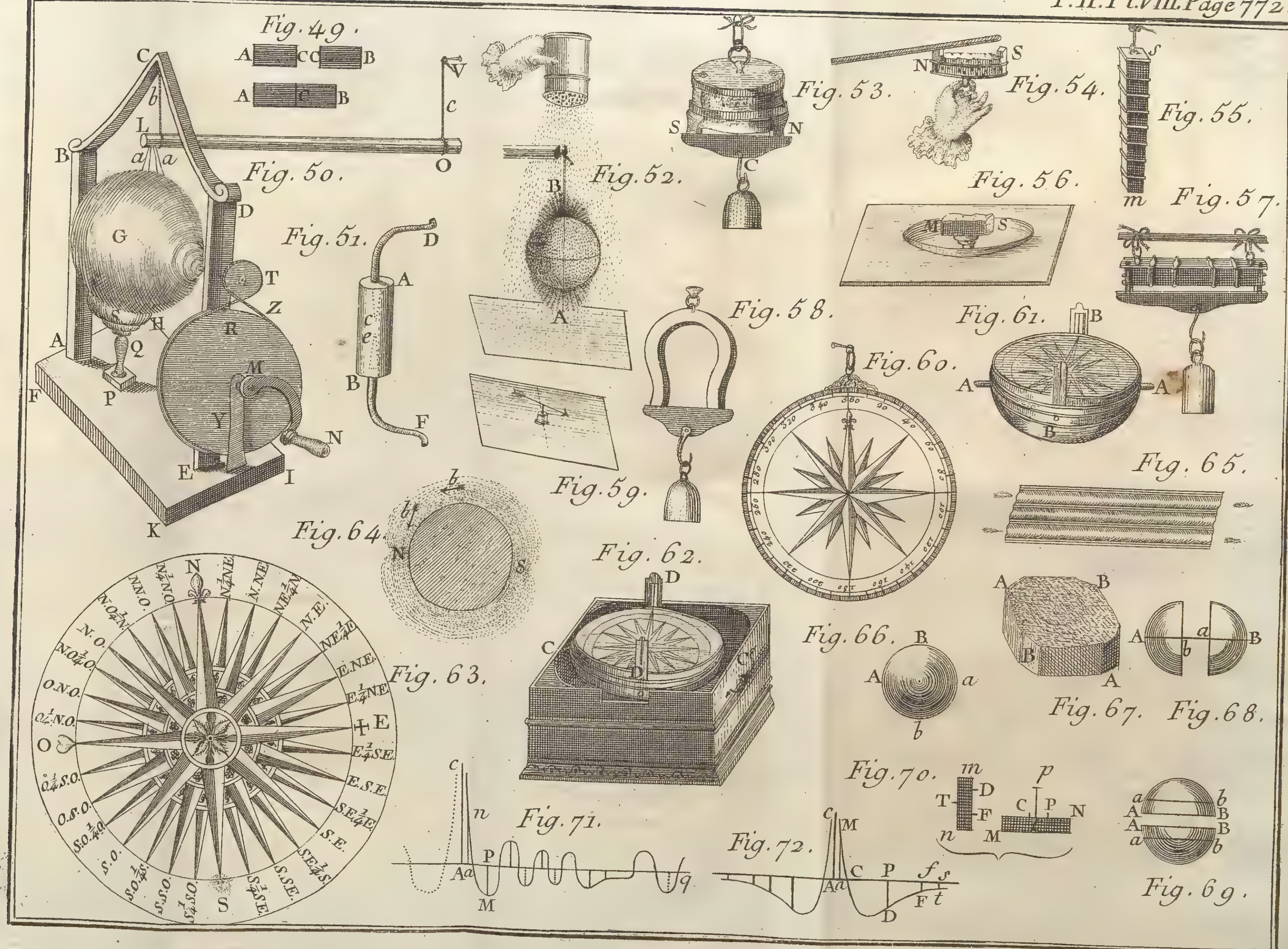
traité assez au long de l'Electricité dans le Chapitre précédent.

---

par intervalles, il a fort diminué, & presque disparu. Somme totale : j'ai passé, par le moyen de l'aimant, un hiver beaucoup plus heureux que les précédens, ayant lieu de l'attendre beaucoup plus mauvais : j'en continue l'usage avec confiance. Je viens d'obtenir entr'autres un succès frappant, sur la femme d'un ouvrier de la Monnoie, nommée Cramer, atteinte depuis 10 ans de crampes très-douloureuses à l'estomac.

Fin du Second Volume.





Picquet Sculp.



Degrés de Declinaisons

TABLE representant les Declinaisons Magnetiques telles qu'on les a observées en 1744. avec les Vents Generaux.
Les Etoiles * indiquent les declinaisons observées par Anson.

Fig. 72. B.

Degrés des Declinaisons

Picquet Sculp.

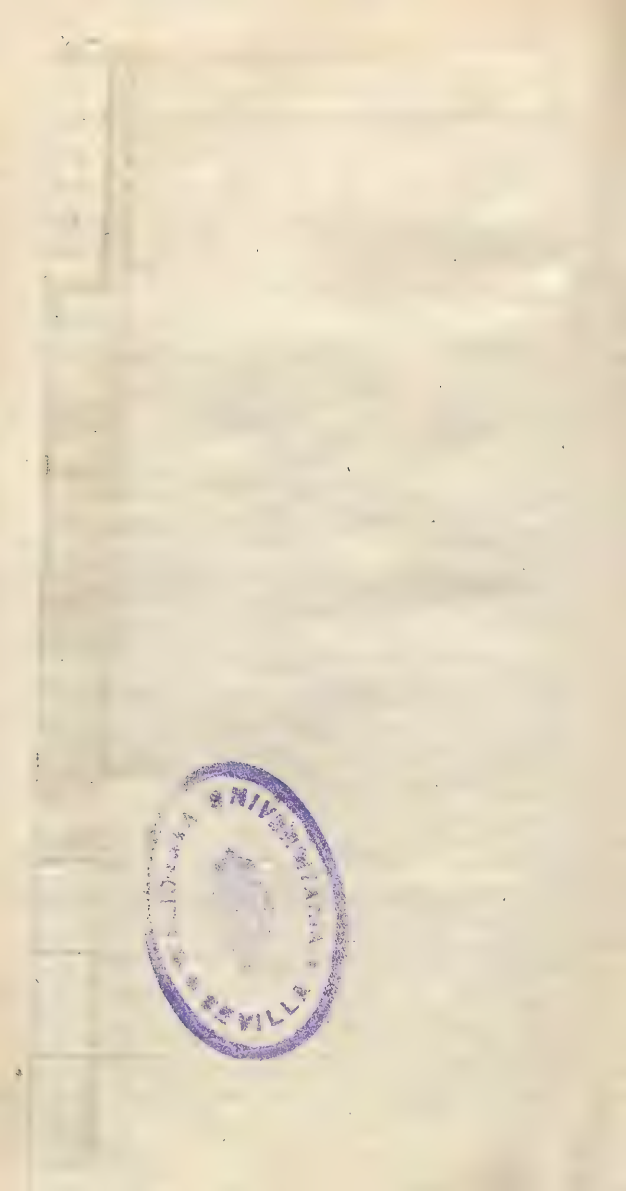


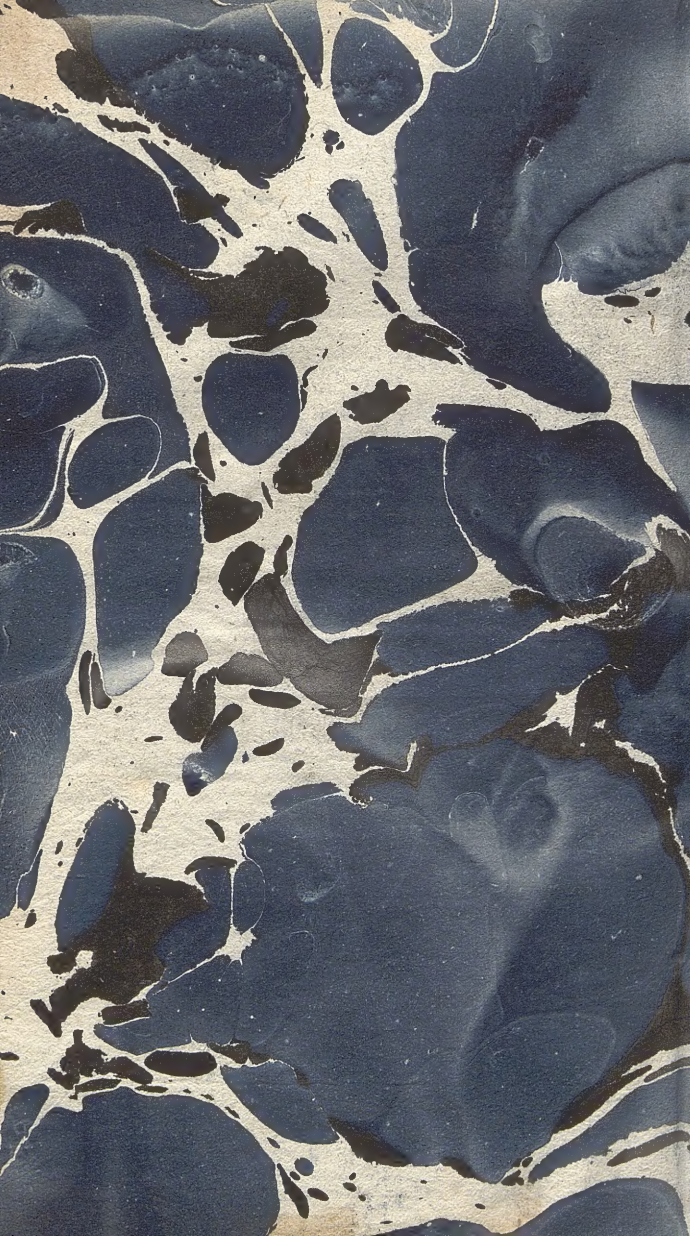
TABLE
DES MATIERES

Contenues dans ce Volume.

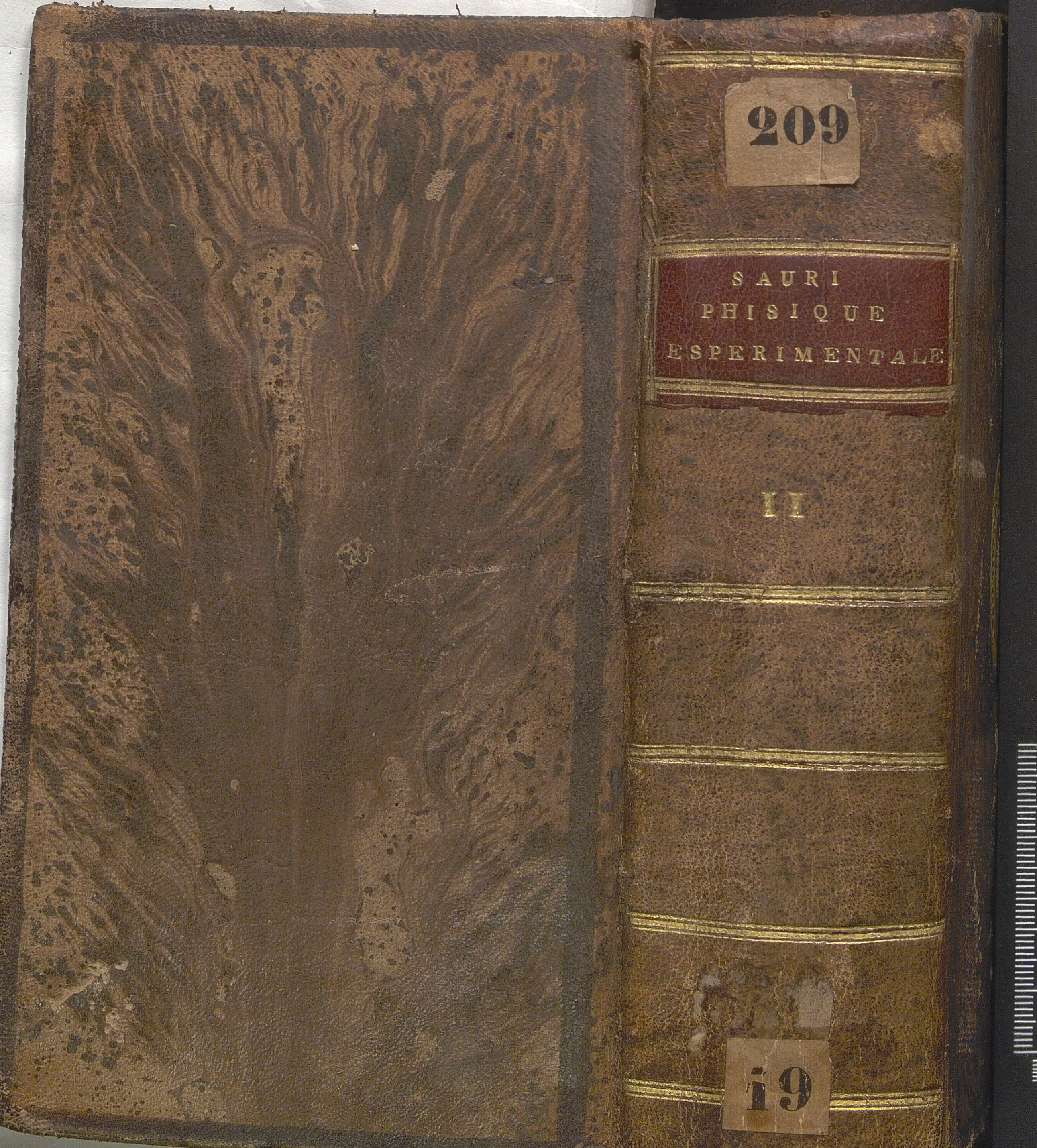
Fin de la Table du Second Volume.



De l'Imprimerie de B. MORIN, rue S. Jacques à la Vérité, 1776.






209
SAURI
PHISIQUE
ESPERIMENTALE
II
19

colorchecker CLASSIC